

乙

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 3 月 6 日

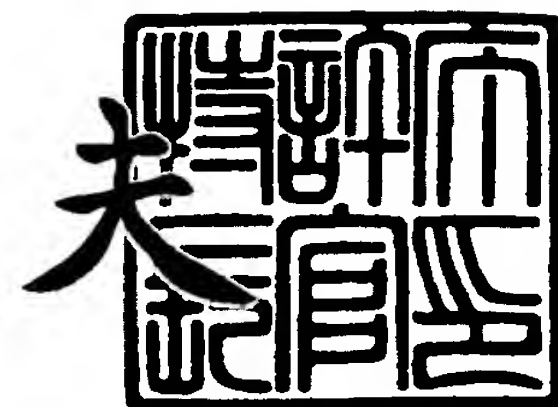
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 6 0 6 7 0  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 0 6 0 6 7 0 ]

出 願 人  
Applicant(s): 東京エレクトロン株式会社

2 0 0 3 年 1 0 月 2 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP032045

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 山澤 陽平

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 岩田 学

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 輿水 地塩

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 樋口 文彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 清水 昭貴

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 山下 朝夫

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 岩間 信浩

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 東浦 勉

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 張 東勝

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 中谷 理子

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東  
京エレクトロン株式会社内

【氏名】 村上 範和

## 【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代表者】 東 哲郎

## 【代理人】

【識別番号】 100090125

【弁理士】

【氏名又は名称】 浅井 章弘

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-204928

【出願日】 平成14年 7月12日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049906

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9105400

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置及び可変インピーダンス手段の校正方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、

前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、

前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、

を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記可変インピーダンス手段は、連続可変素子によって連続的にインピーダンスを変化させるものと、複数の固定素子の切り替えによってインピーダンスを段階的に変化させるものの内、少なくともいずれか一方からなることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記可変インピーダンス手段は、該可変インピーダンス手段の接続される高周波電源から見たその高周波電源の周波数に対するインピーダンスは前記マッチング回路に接続された処理容器とプラズマから構成される高周波負荷インピーダンスよりも少なくとも 2 倍以上大きくなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記可変インピーダンス手段は、この変動するインピーダンスと対応するインピーダンス対応値の表示機能または上位コントローラへの伝送（出力）機能または両機能を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記インピーダンス制御部は、前記被処理体のプロセスが面内均

一となるように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記インピーダンス制御部は、前記プラズマが安定化するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記プラズマ処理装置はエッチング装置であり、前記被処理体はパターン形成されたマスク層とその下の被エッチング層とを有し、前記インピーダンス制御部は前記被処理体の加工寸法を制御するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 前記上部電極には第 1 の高周波電源が接続され、前記下部電極には前記第 1 の高周波電源が発生する高周波電圧の周波数よりも低い周波数の高周波電圧を発生する第 2 の高周波電源が接続され、前記可変インピーダンス手段は前記下部電極に接続される高周波ラインに介在させて設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 前記上部電極には第 1 の高周波電源が接続され、前記下部電極には前記第 1 の高周波電源が発生する高周波電圧の周波数よりも低い周波数の高周波電圧を発生する第 2 の高周波電源が接続され、前記可変インピーダンス手段は前記上部電極に接続される高周波ラインに介在させて設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、

前記高周波電源が接続された電極とは対向する電極の高周波ラインに、該対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段、或いは固定的なインピーダンスを有する固定インピーダンス手段を介設し、前記可変インピーダンス手段、或いは固定インピーダンスが接続される電極

とは対向する電極に接続される高周波電源を、これが発生する高周波電圧の周波数を変化させることが可能な周波数可変型の高周波電源としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 1】 前記固定インピーダンス手段は、必要に応じて連続的、或いは段階的にインピーダンスを変化させる機構を内蔵することを特徴とする請求項 1 0 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 2】 請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置において、  
前記インピーダンス制御部は、

可変インピーダンス手段の出力端子にリアクタンス測定治具を接続して可変インピーダンス手段が接続される電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数、或いは発生させるプラズマの分布に影響の大きい周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、

リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、

を行なう機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 3】 請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置において、  
インピーダンス制御部は、

可変インピーダンス手段の接続される電極にリアクタンス測定治具を接続して該電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、

リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、

を行なう機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置。



【請求項 1 4】 請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置において、

インピーダンス制御部は、

可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、終点検出用分光器の出力の少なくともいずれか 1 つと前記可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、

電圧振幅、マッチングポジション或いは分光器の出力とインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、

を行なう機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 5】 請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置の有する可変インピーダンス手段の校正方法において、

可変インピーダンス手段の出力端子にリアクタンス測定治具を接続して可変インピーダンス手段が接続される電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数、或いは発生させるプラズマの分布に影響の大きい周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、

リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、

を有することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法。

【請求項 1 6】 請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置の有する可変インピーダンス手段の校正方法において、

可変インピーダンス手段の接続される電極にリアクタンス測定治具を接続して該電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求



める工程と、

リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、

を有することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法。

【請求項 1 7】 請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置の有する可変インピーダンス手段の校正方法において、

可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、エッチング終点検出用分光器の出力の少なくともいずれか 1 つと前記可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、

電圧振幅、マッチングポジション或いは分光器の出力とインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、

を有することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法。

【請求項 1 8】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置であって、

前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、

前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法において、

前記被処理体のプロセスが面内均一となるように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整するようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法。

【請求項 1 9】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置であって、

前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、

前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法において、

前記プラズマが安定化するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整するようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法。

【請求項 2 0】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置であって、

前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、

前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法において、

前記被処理体はパターン形成されたマスク層とその下の被エッチング層とを有

し、前記被処理体の加工寸法を制御するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法。

【請求項 2 1】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置のインピーダンス手段の校正方法において、

前記高周波電源が接続された電極とは対向する電極の高周波ラインに、該対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段、或いは固定的なインピーダンスを有する固定インピーダンス手段を介設し、前記可変インピーダンス手段、或いは固定インピーダンスが接続される電極とは対向する電極に接続される高周波電源を、周波数可変型の高周波電源とし、これが発生する高周波電圧の周波数を変化させるようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置のインピーダンス手段の校正方法。

【請求項 2 2】 可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧振幅とマッチングポジション、エッチングの終点検出用分光器システムの出力の内の少なくともいずれか一つの変化を、インピーダンス対応値を自動的に変化させてデータを取得し、請求項 1 7 記載の校正手法を自動で行う機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2 3】 真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、

前記プラズマから見た前記高周波電圧の複数の高調波の内の少なくとも 1 つの高調波に対して共振させることができるように前記プラズマから見たインピーダ

ンスを可變的に制御することが可能な共振用可變インピーダンス手段を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2 4】 前記共振用可變インピーダンス手段は、前記上部電極と、前記下部電極と、前記処理容器との内の少なくともいずれか 1 つに接続されることを特徴とする請求項 2 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 5】 前記下部電極の周囲には、フォーカスリングが設けられており、前記共振用可變インピーダンスは前記フォーカスリングに接続されていることを特徴とする請求項 2 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 6】 前記下部電極の外周と前記処理容器の側壁との間には整流板が設けられており、前記共振用可變インピーダンスは前記整流板に接続されていることを特徴とする請求項 2 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 7】 前記共振用可變インピーダンス手段は、前記複数の異なる高次の高調波に亘ってインピーダンスを変化させることができる 1 つのインピーダンス可變部を有していることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 6 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 8】 前記共振用可變インピーダンス手段は、異なる高次の高調波にそれぞれ対応させてインピーダンスを独立させて変化させることが可能な複数のインピーダンス可變部を有していることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 6 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 9】 前記共振用可變インピーダンス手段は、共振の対象となる高次の高調波を選択するためのフィルタ手段を有していることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 8 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 0】 前記フィルタ手段は、選択した高調波以外の高調波に対しては  $50\ \Omega$  以上の高いインピーダンスをもつことを特徴とする請求項 2 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 1】 前記フィルタ手段は、ハイパスフィルタを有することを特徴とする請求項 2 9 または 3 0 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 2】 前記フィルタ手段は、バンドパスフィルタを有することを特徴とする請求項 2 9 または 3 0 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 3】 前記フィルタ手段は、ローパスフィルタを有することを特徴とする請求項 2 9 または 3 0 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 4】 前記フィルタ手段は、ノッチフィルタを有することを特徴とする請求項 2 9 または 3 0 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 5】 前記フィルタ手段は、前記上部電極または前記下部電極に接続される場合には、前記フィルタ手段自体が接続される電極に印加される高周波電源の基本波を通過させないようになされていることを特徴とする請求項 2 9 乃至 3 4 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ処理装置及びこれに用いられる可変インピーダンス手段の校正方法に関する。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

一般に、半導体デバイスの製造工程にあつては、成膜処理、アニール処理、エッチング処理、酸化拡散処理等の各種の処理を行うが、これらの処理の内では、高周波電力を用いたプラズマ処理装置で行われる傾向にある。

例えば平行平板型のプラズマ処理装置を例にとれば、このプラズマ処理装置内では、載置台を兼ねる下部電極上に半導体ウエハを載置し、そして、この下部電極とこれに対向する上部電極との間で高周波電圧を印加することによりプラズマを発生させ、このプラズマによって成膜処理やエッチング処理等の各種の処理を行う。

##### 【0 0 0 3】

ところで、この半導体ウエハより製造される製品の歩留りを向上させるためには、プラズマ処理のウエハ面内の均一性を高く維持する必要がある。この場合、半導体ウエハに対するプラズマ処理の均一性は、処理容器内で発生しているプラズマの状態に大きく依存し、このため従来あつては、プラズマの状態を最良にするために、プロセス時の処理容器内の圧力や温度を調整したり、処理容器内へ供



給する各種のガスのガス比を調整したり、或いは上部電極と下部電極との間の間隔を微調整したりすること等が行われていた。

この場合、特にプラズマ状態を最良に効果的に制御できることから、従来装置にあっては、上下の両電極間の間隔を調整できる構造が採用される傾向にあり、例えば下部電極を昇降できるように処理容器の底部側に下部電極を昇降させる昇降機構を設け、この昇降機構を用いて必要に応じて上記下部電極を昇降させてこれと上部電極との間隔を調整するようになっている。

#### 【 0 0 0 4 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような電極が昇降できる構造としたプラズマ処理装置では、プラズマの状態を処理条件や装置自体のコンディションに関係なく良好な状態に維持できるが、例えば下部電極自体を内部の気密状態を維持したまま上下動できる構造としなければならぬばかりか、この下部電極を上下方向へ昇降させる昇降機構やモータ類を設けなければならず、装置が大型化するのみならず、高コスト化を招来してしまう、といった問題があった。

また、装置自体が大型化することから、装置の設置スペース、すなわちフットプリントも増大してしまう、といった問題があった。

#### 【 0 0 0 5 】

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。

本発明の第 1 の目的は、簡単な構造でプラズマ処理の面内均一性を高く維持できるようにプラズマの状態を最適に調整することが可能なプラズマ処理装置を提供することにある。

本発明の第 2 の目的は、簡単な構造で処理容器内のプラズマの状態を安定的に維持することが可能なプラズマ処理装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、プラズマ処理装置に用いる可変インピーダンス手段に関する機差（個体差）をなくすように校正することが可能な校正方法を提供することにある。

#### 【 0 0 0 6 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者は、プラズマを主として発生させる高周波電源に接続された電極とは対向する電極側に可変インピーダンス手段を用いてこれを調整することにより、プラズマの状態を容易に且つ効果的に制御することができる、という知見を得ることにより本発明に至ったものである。

請求項 1 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置である。

## 【0007】

このように、上部電極と下部電極の内のいずれか一方の電極の高周波ラインに可変インピーダンス手段を設けて他方の電極側から見た時のインピーダンスを変化させることができるようにしたので、プロセス条件や装置自体の状態に適合させてインピーダンスを制御することが可能となる。

従って、例えば被処理体に対するプラズマ処理の面内均一性を高く維持したり、或いは処理容器内におけるプラズマの状態を安定的に維持することが可能となる。

## 【0008】

この場合、例えば請求項 2 に規定するように前記可変インピーダンス手段は、連続可変素子によって連続的にインピーダンスを変化させるものと、複数の固定素子の切り替えによってインピーダンスを段階的に変化させるものの内、少なくともいずれか一方からなる。

このように、インピーダンス制御部の構成は、細かな制御が可能だが制御範囲が比較的狭い連続可変素子を内蔵するものと、細かい制御はできないが制御範囲



が広くとれる固定素子の切り替えによるもの、さらにはその両方を組み合わせて、制御範囲を広くとり、なおかつ細かな制御まで可能なものを採用することができる。

#### 【 0 0 0 9 】

この場合、例えば請求項 3 に規定するように、前記可変インピーダンス手段は、該可変インピーダンス手段の接続される高周波電源から見たその高周波電源の周波数に対するインピーダンスは前記マッチング回路に接続された処理容器とプラズマから構成される高周波負荷インピーダンスよりも少なくとも 2 倍以上大きくなるように設定されている。

これによれば、マッチング動作に関してほとんど影響を与えることも無く、さらに可変インピーダンス手段を設けることによる高周波電力のパワーロスおよびそれに伴う可変インピーダンス手段の焼損を防ぐことができる。

#### 【 0 0 1 0 】

また、例えば請求項 4 に規定するように、前記可変インピーダンス手段は、この変動するインピーダンスと対応するインピーダンス対応値の表示機能または上位コントローラへの伝送（S 出力）機能または両機能を備える。

また、例えば請求項 5 に規定するように、前記インピーダンス制御部は、前記被処理体のプロセスが面内均一となるように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整する。

#### 【 0 0 1 1 】

また、例えば請求項 6 に規定するように、前記インピーダンス制御部は、前記プラズマが安定化するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整する。

また、例えば請求項 7 に規定するように、前記プラズマ処理装置はエッチング装置であり、前記被処理体はパターン形成されたマスク層とその下の被エッチング層とを有し、前記インピーダンス制御部は前記被処理体の加工寸法を制御するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整する。

#### 【 0 0 1 2 】

また、例えば請求項 8 に規定するように、前記上部電極には第 1 の高周波電源

が接続され、前記下部電極には前記第 1 の高周波電源が発生する高周波電圧の周波数よりも低い周波数の高周波電圧が発生する第 2 の高周波電源が接続され、前記可変インピーダンス手段は前記下部電極に接続される高周波ラインに介在させて設けられる。

#### 【 0 0 1 3 】

また、例えば請求項 9 に規定するように、前記上部電極には第 1 の高周波電源が接続され、前記下部電極には前記第 1 の高周波電源が発生する高周波電圧の周波数よりも低い周波数の高周波電圧が発生する第 2 の高周波電源が接続され、前記可変インピーダンス手段は前記上部電極に接続される高周波ラインに介在させて設けられる。

#### 【 0 0 1 4 】

請求項 1 0 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記高周波電源が接続された電極とは対向する電極の高周波ラインに、該対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段、或いは固定的なインピーダンスを有する固定インピーダンス手段を介設し、前記可変インピーダンス手段、或いは固定インピーダンスが接続される電極とは対向する電極に接続される高周波電源を、これが発生する高周波電圧の周波数を変化させることが可能な周波数可変型の高周波電源としたことを特徴とするプラズマ処理装置である。

このように、高周波電源として周波数可変型の高周波電源を用い、これに接続される電極とは対向する電極側に、連続、或いは段階的に異なる周波数に対して異なるインピーダンス値をもつ固定インピーダンス手段を設けるようにしたので、プロセス条件や装置自体の状態に適合させて高周波電圧の周波数を変化させることにより、プラズマ処理の面内均一性を向上させたり、プラズマの安定化を図ることが可能となる。

## 【0 0 1 5】

この場合、例えば請求項 1 1 に規定するように、前記固定インピーダンス手段は、必要に応じて連続的、或いは段階的にインピーダンスを変化させる機構を内蔵する。

このように、この電源周波数の制御と可変インピーダンス素子を組み合わせて利用することにより、通常あまり大きくとることのできない周波数可変範囲においてインピーダンスの制御範囲を広くとることも可能となる。目標とするインピーダンスがお互いに関離れた 2 点ある場合について、固定回路素子の切り替えによって粗く調整を行い、さらに周波数を連続的に変化させることで微調整を行い、目標とするインピーダンスの変化を高い精度で実現することが可能となる。

## 【0 0 1 6】

また、請求項 1 2 に規定する発明は、請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置において、前記インピーダンス制御部は、可変インピーダンス手段の出力端子にリアクタンス測定治具を接続して可変インピーダンス手段が接続される電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数、或いは発生させるプラズマの分布に影響の大きい周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、を行なう機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置である。

## 【0 0 1 7】

また、請求項 1 3 に規定する発明は、請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置において、インピーダンス制御部は、可変インピーダンス手段の接続される電極にリアクタンス測定治具を接続して該電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、を行なう機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置である。

## 【 0 0 1 8 】

また、請求項 1 4 に規定する発明は、請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置において、インピーダンス制御部は、可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、終点検出用分光器の出力の少なくともいずれか 1 つと前記可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、電圧振幅、マッチングポジション或いは分光器の出力とインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、を行なう機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置である。

## 【 0 0 1 9 】

請求項 1 5 に係る発明は、請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置の有する可変インピーダンス手段の校正方法において、可変インピーダンス手段の出力端子にリアクタンス測定治具を接続して可変インピーダンス手段が接続される電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数、或いは発生させるプラズマの分布に影響の大きい周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、リアクタンスとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、を有することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法である。

これにより、可変インピーダンス手段を量産した場合でもこの機差（個体差）を校正することが可能となる。

## 【 0 0 2 0 】

請求項 1 6 に係る発明は、請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置の有する可変インピーダンス手段の校正方法において、可変インピーダンス手段の接続される電極にリアクタンス測定治具を接続して該電極とは対向する電極側から印加する高周波電圧の周波数に対する前記可変インピーダンス手段のリアクタンスと前記インピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、リアクタン

スとインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係と前記求められた相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、を有することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法である。

#### 【 0 0 2 1 】

請求項 1 7 に係る発明は、請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置の有する可変インピーダンス手段の校正方法において、可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、エッチング終点検出用分光器の出力の少なくともいずれか 1 つと前記可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値との相関関係を求める工程と、電圧振幅、マッチングポジション或いは分光器の出力とインピーダンス対応値との基準となる予め定められた基準相関関係とに基づいて前記インピーダンス対応値を校正する工程と、を有することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法である。

この方法は、請求項 1 5、1 6 に規定する校正方法とは違って、実施にあたって特別な治具や計測器を必要とせず、装置に通常に備わっているものだけで実施できることから、大きな利点がある。

#### 【 0 0 2 2 】

請求項 1 8 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置であって、前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法において、前記被処理体のプロセスが面内均一となるように前記可変インピ



ーダンス手段のインピーダンスを調整するようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法である。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 9 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置であって、前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法において、前記プラズマが安定化するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整するようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法である。

【 0 0 2 4 】

請求項 2 0 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置であって、前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段と、前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部と、を備えたプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法において、前記被処理体はパターン形成されたマスク層とその下の被エッチング層とを有し、前記被処理体の加工寸法を制御するように前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを調整することを特徴とするプラズマ処理装置の可変インピーダンス手段の校正方法である。

## 【 0 0 2 5 】

請求項 2 1 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置のインピーダンス手段の校正方法において、前記高周波電源が接続された電極とは対向する電極の高周波ラインに、該対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段、或いは固定的なインピーダンスを有する固定インピーダンス手段を介設し、前記可変インピーダンス手段、或いは固定インピーダンスが接続される電極とは対向する電極に接続される高周波電源を、周波数可変型の高周波電源とし、これが発生する高周波電圧の周波数を変化させるようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置のインピーダンス手段の校正方法である。

## 【 0 0 2 6 】

請求項 2 2 に係る発明は、可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧振幅とマッチングポジション、エッチングの終点検出用分光器システムの出力の内の少なくともいずれか一つの変化を、インピーダンス対応値を自動的に変化させてデータを取得し、請求項 1 7 記載の校正手法を自動で行う機能を有することを特徴とするプラズマ処理装置である。

## 【 0 0 2 7 】

請求項 2 3 に係る発明は、真空引き可能になされた処理容器内に上部電極と載置台を兼ねる下部電極とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路を介して接続された高周波電源より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記プラズマから見た前記高周波電圧の複数の高調波の内の少なくとも 1 つの高調波に対して共振させることができるように前記プラズマから見たインピーダンスを可變的に制御することが可能な共振用可変インピーダンス手段を設けたことを特徴とするプラズ



マ処理装置である。

このように、共振用可変インピーダンス手段を設けてプラズマから見たインピーダンスを、高周波電源の高調波の内の少なくとも 1 つに対して共振できるように可変にしたので、プロセス条件や装置自体の状態に適合させてインピーダンスを調整制御することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

従って、例えば被処理体に対するプラズマ処理の面内均一性を高く維持したり、或いは処理容器内におけるプラズマの状態を安定的に維持することが可能となる。

この場合、例えば請求項 2 4 に規定するように、前記共振用可変インピーダンス手段は、前記上部電極と、前記下部電極と、前記処理容器との内の少なくともいずれか 1 つに接続される。

また、例えば請求項 2 5 に規定するように、前記下部電極の周囲には、フォーカスリングが設けられており、前記共振用可変インピーダンスは前記フォーカスリングに接続されている。

また、例えば請求項 2 6 に規定するように、前記下部電極の外周と前記処理容器の側壁との間には整流板が設けられており、前記共振用可変インピーダンスは前記整流板に接続されている。

#### 【 0 0 2 9 】

また、例えば請求項 2 7 に規定するように、前記共振用可変インピーダンス手段は、前記複数の異なる高次の高調波に亘ってインピーダンスを変化させることができる 1 つのインピーダンス可変部を有している。

また、例えば請求項 2 8 に規定するように、前記共振用可変インピーダンス手段は、異なる高次の高調波にそれぞれ対応させてインピーダンスを独立させて変化させることが可能な複数のインピーダンス可変部を有している。

また、例えば請求項 2 9 に規定するように、前記共振用可変インピーダンス手段は、共振の対象となる高次の高調波を選択するためのフィルタ手段を有している。また、例えば請求項 3 0 に規定するように、前記フィルタ手段は、選択した高調波以外の高調波に対しては  $50\ \Omega$  以上の高いインピーダンスをもつ。また、

例えば請求項 3 1 に規定するように、前記フィルタ手段は、ハイパスフィルタを有する。また、例えば請求項 3 2 に規定するように、前記フィルタ手段は、バンドパスフィルタを有する。また、例えば請求項 3 3 に規定するように、前記フィルタ手段は、ローパスフィルタを有する。また、例えば請求項 3 4 に規定するように、前記フィルタ手段は、ノッチフィルタを有する。

#### 【0 0 3 0】

また、例えば請求項 3 5 に規定するように、前記フィルタ手段は、前記上部電極または前記下部電極に接続される場合には、前記フィルタ手段自体が接続される電極に印加される高周波電源の基本波を通過させないようになされている。

#### 【0 0 3 1】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係るプラズマ処理装置及び可変インピーダンス手段の校正方法の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

##### <第 1 実施例>

図 1 は本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す概略構成図、図 2 は下部電極に接続されるマッチング回路と可変インピーダンス手段を主体とする回路構成図、図 3 は可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値（ダイヤル値）と容量との相互関係を示すグラフ、図 4 は可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値（ダイヤル値）とリアクタンスとの相互関係を示すグラフである。

図 1 に示すように、このプラズマ処理装置 2 は、例えばアルミニウム製の真空引き可能になされた筒体状の処理容器 4 を有している。この処理容器 4 は接地されている。この処理容器 4 の天井部には、例えばシャワーヘッド構造になされた例えばアルミニウム製の上部電極 6 が絶縁部材 8 を介して取り付け固定されており、このシャワーヘッド構造の上部電極 6 から処理ガス等の処理に必要な各種のガスを処理容器 4 内へ導入し得るようになっている。

#### 【0 0 3 2】

そして、この上部電極 6 には、高周波ライン 1 0 が接続されると共に、この高周波ライン 1 0 は途中で第 1 のマッチング回路 1 2 が介設されてプラズマ発生用の第 1 の高周波電源 1 4 に接続されており、上記上部電極 6 に、例えば 6 0 M H

z の高周波電圧を印加し得るようになっている。上記第 1 のマッチング回路 12 は、第 1 の高周波電源 14 から上部電極 6 へ供給される高周波電力が上記上部電極 6 にて反射を起こさないようにそのインピーダンスが、例えば 50  $\Omega$  になるように自動的に調整される機能を有している。

また、上記処理容器 4 の底部には、図示しない真空ポンプ側に接続される排気口 16 が形成されており、そして、上記上部電極 6 に対向させて、上記処理容器 4 の底部より起立させて下部電極 18 が絶縁状態で設けられている。この下部電極 18 は、例えばアルミニウムよりなって載置台としての機能も有しており、この上面に被処理体として例えば半導体ウエハ W を載置し得るようになっている。そして、この下部電極 18 と上記上部電極 6 との間の処理空間 S にプラズマを発生するようになっている。

#### 【0033】

また、この処理容器 4 の側壁には、ウエハ W の搬入搬出時に開閉されるゲート 20 が設けられると共に、上記上部電極 18 の周囲を取り囲むようにして容器側壁に支持させて排気ガスを整流する整流板 22 が設けられており、下方向へ排気される雰囲気を下部電極 18 から均等に流下させるようになっている。また、上記下部電極 18 の上面側の周囲には、プラズマをウエハ W の表面に集めるために例えば石英やセラミックよりなる図示しないフォーカスリングが設けられる。

そして、上記下部電極 18 には、高周波ライン 24 が接続されており、この高周波ライン 24 には、第 2 のマッチング回路 26 を介してバイアス用の第 2 の高周波電源 28 が接続されている。このバイアス用の第 2 の高周波電源 28 は、上記第 1 の高周波電源 14 よりも周波数が低い、例えば 13.56 MHz の高周波電圧を発生する。尚、この第 2 の高周波電源 28 によってもプラズマが発生されることもある。

そして、この第 2 のマッチング回路 26 と上記下部電極 18 との間の高周波ライン 24 に、上部電極 6 側から見たインピーダンスを変化させることが可能な本発明の特徴とする可変インピーダンス手段 30 が介設されており、この可変インピーダンス手段 30 は、例えばマイクロコンピュータ等よりなるインピーダンス制御部 32 によりインピーダンスが調整されて適正に制御されるようになっている。

る。

#### 【0034】

具体的には、図2に示すようにまず、上記第2のマッチング回路26は、第1の固定コイル34と第1の可変コンデンサC1と第2の固定コイル36とを有しており、高周波ライン24に上部電極18（図1参照）側よりこの順序で第2の高周波電源28側に向けて直列接続されている。

そして、上記第2の固定コイル36の両端とアースとの間に、第2の可変コンデンサC2と固定コンデンサC3とがそれぞれ並列的に接続されている。この第2のマッチング回路26は、前述した第1のマッチング回路14と同様な機能を有しており、第2の高周波電源20から上記下部電極18へ供給される高周波電力が上記下部電極18にて反射を起こさないようにそのインピーダンスが、例えば50Ωになるように自動的に調整される機能を有している。この際、自動的に変化する第1の可変コンデンサC1の調整位置（その時の容量に対応）をマッチャーポジション部38にて確認できるようになっている。尚、上部電極6から供給される第1の高周波電源14の電流は、処理容器4の側壁や下部電極18等を介してアースに流れ、逆に下部電極18から供給される第2の高周波電源28の電流は、処理容器4の側壁や上部電極6等を介してアースに流れるようになっている。

#### 【0035】

また、上記可変インピーダンス手段30は、高周波ライン24とアースとの間に直列接続された、例えばインダクタンスが略200nHの固定コイル40と可変コンデンサ42とよりなり、可変コンデンサ42の容量を変化させることにより、前述のように、60MHzの高周波電圧が印加される上部電極6から見た下部電極18側のインピーダンスを適宜変化し得るようになっている。この時、この可変コンデンサ42の容量値は、これに直結されているダイヤル部44によって自動的に変化され、その時のダイヤル値、すなわちインピーダンス対応値（以下、ダイヤル値と称す）は表示できるようになっている。この時、インピーダンス値も同時に表示できるようにしてもよい。このダイヤル部44へは、前記インピーダンス制御部32より、ウエハを処理するプロセス条件等を規定したレシピ

からの指示インピーダンスがダイヤル値として入力されることになる。尚、上記インピーダンスやそのインピーダンス対応値を表示する機能に代えて、或いはこれと共に上位コントローラへ伝送（出力）する機能を併せ持つようにしてもよい。

### 【0036】

ここで、この可変インピーダンス手段30の各固定コイル40のインダクタンスや可変コンデンサ42の容量（可変範囲を含む）は、第2の高周波電源28の周波数13.56MHzに対するインピーダンスが、処理容器4及びこの中で発生するプラズマからなる負荷インピーダンスよりも少なくとも2倍以上大きくなるように設定されており、可変インピーダンス手段30のインダクタンスが変化しても、上記第2のマッチング回路26に対してはマッチング動作に関してほとんど影響を与えることもない。更にこれによれば、マッチング動作に関してほとんど影響を与えることも無く、さらに可変インピーダンス手段を設けることによる高周波電力のパワーロスおよびそれに伴う可変インピーダンス手段の焼損を防ぐことができる。

このダイヤル部44のダイヤル値と可変コンデンサ42の容量との相関関係の一例は図3に示されており、ダイヤル値0～20に対して、容量は5～130pF程度の範囲内で略直線的に変化できるようになっている。尚、ここではダイヤル値が大きい程、容量が小さくなるように設定してある。

また、ダイヤル部44のダイヤル値と上部電極6に印加される60MHzに対する可変インピーダンス手段側のリアクタンスとの相関関係を図4に示している。この図4から明らかなように、ダイヤル値を5～20の範囲で変化させることにより、リアクタンスを-30～+600Ωの範囲内で制御できるように設定してある。

### 【0037】

次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。

ここでは、プラズマ処理の一例として、例えば二酸化シリコン膜よりなる下地層の上に形成したポリシリコン膜をエッチングすることによりゲート電極を形成する場合、エッチングレートの大きいプロセスAとエッチングレートの小さいオ



ーバエッチング用のプロセス B とを連続的に同一のプラズマ処理装置内で行う場合を例にとって説明する。この 2 段階プロセス中のプロセス A では形状を出すために異方性の強いエッチングを行い、プロセス B では下地層との選択比が非常に大きなエッチングを行う。

このプロセス A とプロセス B とでは、供給する複数のガスの供給量のガス比、供給電力、プロセス圧力等のプロセス条件が変わるので、それに対応して処理空間 S に発生しているプラズマの状態も変わる。この時、上記可変インピーダンス手段 3 0 を制御してプラズマ処理の面内均一性を保つようになっている。

#### 【 0 0 3 8 】

上記プロセス A 及びプロセス B に対して、それぞれ最適な可変インピーダンス手段 3 0 のインピーダンス値は、予め実験的に求められており、各プロセス A、B を行う際に、このプラズマ処理装置 2 の全体の動作を制御する主制御部（図示せず）から、インピーダンス制御部 3 2 を介してダイヤル値として可変インピーダンス手段 3 0 に入力される。そして、この可変インピーダンス手段 3 0 は、そのダイヤル値に対応するように自動的に可変コンデンサ 4 2 が容量変化してそのインピーダンスを変化させて最適な値に調整されることになる。

ここでプロセス A とプロセス B のプロセス条件の一例は以下の通りである。

#### 【 0 0 3 9 】

##### < プロセス A >

プロセスガス（エッチングガス）：H B r / O<sub>2</sub> = 4 0 0 / 1 s c c m  
プロセス圧力：2 . 7 P a （ 2 0 m T o r r ）  
下部電極温度：7 5 °C  
高周波電力：上部電極 / 下部電極 = 2 0 0 / 1 0 0 W （ワット）

##### < プロセス B >

プロセスガス（エッチングガス）：H B r / O<sub>2</sub> = 1 0 0 0 / 4 s c c m  
プロセス圧力：2 0 P a （ 1 5 0 m T o r r ）  
下部電極温度：7 5 °C  
高周波電力：上部電極 / 下部電極 = 6 5 0 / 2 0 0 W （ワット）

上記プロセス A、B のそれぞれに対する均一性の制御特性評価のためにレジス

トパターン無しの一様なポリシリコンウエハ（ポリベタウエハ）を25秒間エッチングする工程を可変インピーダンス手段30のダイヤル値を少しずつ変えながらそれぞれ実行した。図5はその時のプロセスA、Bのダイヤル値とプラズマ処理の面内均一性 $3\sigma$ との関係を示すグラフである。尚、ここで $\sigma$ とは標準偏差を表している。

#### 【0040】

図5から明らかなように、ダイヤル値を変化させて可変インピーダンス手段30のインピーダンスを少しずつ変化させたところ、面内均一性は大きく変動し、各プロセスA、Bは共に面内均一性が最小値となるダイヤル値が存在することが判明した。この場合、プロセスAでは面内均一性が最小値となるダイヤル値は略11.5であり、プロセスBでは面内均一性が最小値となるダイヤル値は略15.8であった。

#### 【0041】

ここで、従来装置と本発明装置とで各プロセスA、Bを行ったので、その時の評価結果について説明する。

図6は、従来装置と本発明装置とでプロセスを行った時の直径300mmのウエハ上のエッチングレートの分布を示すグラフである（尚、従来装置によるプロセスBの結果については記載を省略している）。

ここで用いた従来装置は上下電極が共に固定されており、インピーダンスに関しては、プロセスB用に調整されたものを用いた。

この場合、従来装置でプロセスBを行った場合には、図示されていないが、プラズマ処理に関して良好な面内均一性を得ることができたが、プロセスAに関しては、図6（A）に示すように、ウエハ中心部はエッチングレートが小さく、周辺部に行く程エッチングレートが高くなってエッチングの面内均一性 $3\sigma$ は14.4%程度まで悪化していることが判明する。

#### 【0042】

これに対して、本発明装置では、前述した図5に示す結果を参照して、プロセスAをダイヤル値11.5で行い、プロセスBをダイヤル値15.8で行った。その結果、図6（B）に示すようにプロセスAではプラズマ処理の面内均一性 $3\sigma$



$\sigma$  は 3.2% 程度と非常に高く維持でき、また、図 6 (C) に示すようにプロセス C ではプラズマ処理の面内均一性  $3\sigma$  は 7.0% とかなり高く維持でき、従って、両プロセス A、B 共に、プラズマ処理の面内均一性を高く維持できることが判明した。

本発明装置で設けた可変インピーダンス手段 32 は、安価で且つ非常に小さな電氣的素子を主体として構成できるので、上下電極の一方が昇降できるようにした従来のプラズマ処理装置と比較して、その構造が非常に簡単であり、しかも設置スペースを大幅に縮小することが可能となる。尚、上記可変インピーダンス手段 32 のダイヤル値は単に一例を示したに過ぎず、プロセス条件等によって最適値が変動するのは勿論である。

#### 【0043】

上記実施例では、可変インピーダンス手段 30 として、固定コイル 40 と可変コンデンサ 42 の直列接続回路を、高周波ライン 24 とアースとの間で接続した場合を例にとって説明したが、これに限定されず、例えば図 7 に示すような回路構成を採用してもよい。図 7 は可変インピーダンス手段 30 の変形例を示す回路図である。図 7 (A) に示す場合は、固定コイル 40 と可変コンデンサ 42 の接続順序を入れ替えて接続した回路である。図 7 (B) に示す場合は、インダクタンスを変化できる可変コイル 50 と固定コンデンサ 52 とを直列接続した回路である。尚、この固定コンデンサ 52 に代えて可変コンデンサ 42 を設けてもよい。図 7 (C) に示す場合は、可変コンデンサ 42 と固定コイル 55 を直列に、更に固定コイル 40 と並列接続した回路である。これによれば、可変コンデンサ 42 と固定コイル 55 の直列共振でインピーダンスを最小にし、可変コンデンサ 42、固定コイル 40、固定コイル 55 の並列共振によりインピーダンスを最大にすることができる。図 7 (D) に示す場合は、可変コンデンサ 50 及び固定コンデンサ 54 の直列回路と固定コンデンサ 52 とを並列接続した回路である。図 7 (E) に示す場合は、固定コンデンサ 52 と固定コイル 40 との並列接続回路と、別の固定コンデンサ 54 と、可変コイル 50 とを順次この順序で直列接続した回路である。この回路では、例えば固定コイル 40 と固定コンデンサ 52 による並列共振周波数を高周波電源 28 の周波数にあわせることで可変インピーダンス

手段 3 0 の高周波電源 2 8 に対するインピーダンスを 1 0 倍程度以上まで確実に高めることができる。

#### 【 0 0 4 4 】

図 7 (F) に示す場合は、複数のコンデンサ 5 2 にそれぞれ直列にスイッチ 5 3 を接続してこれらのスイッチ 5 3 を任意の組み合わせでオン・オフに切り替えることによって容量を段階的に変化させる例である。図 7 (G) に示すのは複数のインダクタ 4 0 にそれぞれに直列にスイッチ 5 3 を接続してこれらのスイッチ 5 3 を任意の組み合わせでオン・オフに切り替えることによってインダクタンスを段階的に変化させ、それと可変コンデンサを組み合わせることで、微調整を可変コンデンサで行い、粗調整をインダクタの切り替えで行うようにして制御範囲を広く取りなおかつ細かな制御まで可能にしたものである。

#### 【 0 0 4 5 】

### < 第 2 実施例 >

上記第 1 実施例では、主としてプラズマ処理の面内均一性を向上させることを目的としたプロセスについて説明したが、プラズマの安定性を高く維持する必要があるプロセスを行う場合もある。

ここでプラズマの安定性に関しては、プロセスの条件、例えば印加する高周波電力やプロセス圧力等に応じて処理空間 S 中のプラズマが整流板 2 2 (図 1 参照) より下方に漏れたり、漏れなかったりする場合がある。このようにプラズマが整流板 2 2 より下方へ漏れない場合と漏れる場合とでは、第 1 のマッチング回路 1 2 や第 2 のマッチング回路 2 6 (図 1 参照) から処理容器 4 内のプラズマを見た時のインピーダンスはそれぞれ異なるので、これに伴って各マッチング回路 1 2、2 6 は前述したようにインピーダンスの整合を図るようにそれぞれ自動的にインピーダンスが変化してマッチャーポジションが変わる。

#### 【 0 0 4 6 】

この場合、プラズマが漏れない状態で安定していたり、或いは漏れた状態で安定していれば、問題は生じないが、その中間状態、すなわちプラズマが漏れる時と漏れない時の臨界状態になっている時には、マッチング回路はインピーダンス整合を図るためにマッチャーポジションが激しく変化を繰り返すことになって、

プラズマ放電が安定しなくなり、最悪の場合にはプラズマ自体が発生しなくなってしまう。

そこで、この第 2 実施例では、プラズマを安定化させるために、上記第 1 実施例で用いた可変インピーダンス手段 3 0 を用いる。プラズマ処理装置全体の装置構成は、第 1 実施例の場合と全く同様である。ここでは、プロセス処理として、例えばフォトリソ膜の下層に設けた有機物よりなる反射防止膜をエッチングする場合を例にとって説明する。

#### 【 0 0 4 7 】

この時のプロセス条件は、以下の通りである。

プロセスガス（エッチングガス）：  $\text{CF}_4 / \text{O}_2 = 70 / 10 \text{ sccm}$

プロセス圧力：  $0.67 \text{ Pa}$  ( $5 \text{ Torr}$ )

下部電極温度：  $60^\circ\text{C}$

そして、上部電極 6 と下部電極 1 8 のそれぞれへ印加する高周波電力の組み合わせを種々偏光してプラズマ処理を行い、この時のプラズマの安定性を目視で確認した。この時の評価結果を図 8 に示す。尚、この時の可変インピーダンス手段 3 0 のダイヤル値は 1 5 . 2 に固定している。

図 8 は上部電極と下部電極とに印加する高周波電力の組み合わせを変えた時のプラズマの安定性を示すグラフである。

#### 【 0 0 4 8 】

図 8 に示すように、上部電極の高周波電力は、 $100 \sim 500 \text{ W}$  の範囲で変化させ、下部電極の高周波電力は  $30 \sim 105 \text{ W}$  の範囲で変化させている。プラズマ安定性の判断基準は以下の通りである。

- ： 目視で、整流板の上も下もちらつき無し  
電圧や高周波電力の反射もふらつきやハンチング無し
- △ ： 目視で、整流板の下がちらつく  
電圧や高周波電力の反射もふらつきやハンチング無し
- × ： 目視で、整流板の上も下もちらつく  
電圧や高周波電力の反射が激しくふらつく  
ハンチングが一度でも起きる

操業途中で高周波電力反射エラーで落ちる

【0 0 4 9】

この図 8 から明らかなように、上部電極 6 への印加電力と下部電極 1 8 への印加電力との組み合わせで、プラズマの状態が大きく変化するのが判り、特に上部電極 6 への印加電力が 2 0 0 W で、下部電極 1 8 への印加電力が 4 5 W の時にはプラズマの状態は×印になって非常に不安定であることが判明する。

そこで、この不安定な状態を示す電力印加状態を保持したまま、すなわち上部電極 6 へ 2 0 0 W の高周波電力を印加し、下部電極 1 8 へ 4 5 W の高周波電力を印加した状態で、可変インピーダンス手段 3 0 のダイヤル値を種々変化させて、その時のプラズマ状態の変化を目視で観察した。その時の評価結果を図 9 に示す。図 9 は可変インピーダンス手段のダイヤル値とプラズマの安定性との関係を示すグラフである。

図 9 から明らかなように、プラズマが安定的に発生する領域（○印の部分）は、ダイヤル値が 1 1 . 4 ～ 1 1 . 6 の領域 A と、ダイヤル値が 1 5 . 1 ～ 1 5 . 2 の領域 B の 2 つの領域が存在することが判明する。

【0 0 5 0】

ここで、上記領域 A はプラズマの漏洩が発生した状態でプラズマが安定している領域である。また、上記領域 B はプラズマの漏洩が無い（発生無し）状態でプラズマが安定している領域である。

このように、プロセス条件を決定する際に、そのプロセスに対するダイヤル値を予め適正に選択して規定しておくことにより、プラズマを安定的に発生した状態でプラズマ処理を行うことが可能となる。例えば上述したように規定したダイヤル値を組み込んだレシピを用いてプラズマ処理を行う。また、ダイヤル値を適宜選択することにより、プロセス条件の範囲も広くでき、プロセスマージンを拡大することができる。

ここで、上記したプロセスの種類やその時のダイヤル値は単に一例を示したに過ぎず、プロセス条件に応じて、種々適切なダイヤル値が定まるのは勿論である。

【0 0 5 1】

### <第3実施例>

#### (可変インピーダンス手段単体の校正)

ところで、前述した様な可変インピーダンス手段30等は、プラズマ処理装置の受注数に応じて、一般的には同一規格のものが多数製造される。この場合、製造誤差等によって各可変インピーダンス手段30に特性上の僅かな誤差が発生することは避けられない。すなわち、可変インピーダンス手段30のダイヤル値とその時の実際のリアクタンスとの関係が、常に一致しているとは限らず、可変インピーダンス手段の機差（個体差）によって僅かにずれている場合が多く生ずる。従って、同じような構成で組み立てられた本発明のプラズマ処理装置において、予め定められたダイヤル値でプラズマ処理を行った場合、ある装置では高い面内均一性で処理を行うことができるが、別の装置では同一のダイヤル値で処理を行っても高い面内均一性が得られない場合も発生する。

#### 【0052】

そのため、各可変インピーダンス手段及びこれに接続されるマッチング回路26の機差（個体差）をなくすために、校正を行う必要が生ずる。

ここでは校正を行うためのパラメータとして可変インピーダンス手段30のリアクタンスを用いることとする。図10はプラズマ処理装置の校正を行う時のリアクタンス測定治具の取り付け状態を示す図である。

図10に示すように、ここでのプラズマ処理装置2は、先に図1において説明した構成と全く同様に形成されている。尚、図10中において同一構成部分については同一参照符号が付されている。

#### 【0053】

まず、リアクタンスを測定するために上記可変インピーダンス手段30の出力端子30A（下部電極18側）に、リアクタンス測定治具56に取り付ける。そして、インピーダンスアナライザ、或いはネットワークアナライザ等の計測器を用いてダイヤル値とリアクタンスとの関係を測定する。この場合、図10中の矢印60で示すように見た方向のリアクタンス、すなわち可変インピーダンス30や第2のマッチング回路26を含んだリアクタンスが測定される。経験的に、機差は可変コンデンサ42の容量が小さい側で小さく、容量が大きい側で大きくな



る傾向にある。

#### 【 0 0 5 4 】

図 1 1 は複数（2 台）のプラズマ処理装置のダイヤル値とリアクタンスとの相関関係、校正の前後のダイヤル値の関係、ダイヤル値とリアクタンスの関係をそれぞれ模式化して示した図であり、図 1 1（A）は校正前ダイヤル値とリアクタンスとの関係を示し、図 1 1（B）は校正の前後のダイヤル値の関係を示し、図 1 1（C）は校正後のダイヤル値とリアクタンスとの関係を示す。上述のようにこの図 1 1（A）中には、同一特性を示すべき NO 1 と NO 2 の 2 つのプラズマ処理装置についてのダイヤル値とリアクタンスの相関関係が示されている。また、この図 1 1（A）中には、予め定められた基準となる基準相関関係 6 2 も示されている。そして、校正を行う場合には、基準相関関係 6 2 と NO 1 と NO 2 の各プラズマ処理装置の相関関係との差をそれぞれ求めて、その差分をなくするような校正関数、或いは校正表をダイヤル部 4 4（図 2 参照）に記憶させておけばよい。この時の校正の前後のダイヤル値は図 1 1（B）に示されている。そして、実際のプロセス時の制御は、レシピ中のダイヤル値がインピーダンス制御部 3 2（図 2 参照）側より指令された時に、この校正関数、或いは校正表に基づいて可変コンデンサ 4 2 が制御されることになる。

#### 【 0 0 5 5 】

上記校正関数は例えば 2 点校正の手法を用いて求めることができる。リアクタンスが X 1、X 2 のときの基準校正関係 6 2 におけるダイヤル値 Y をそれぞれ Y' 1、Y' 2 とする。また NO 1 の装置でリアクタンスが X 1、X 2 となるときの校正前ダイヤル値をそれぞれ Y 1 1、Y 1 2 とする。校正関数として一番単純な  $Y' = a_1 Y + b_1$  という関数を採用した場合、2 つの点に対して下記の連立方程式が得られる。

$$Y' 1 = a_1 \cdot Y 1 1 + b_1$$

$$Y' 2 = a_1 \cdot Y 1 2 + b_1$$

そして、NO 1 の装置に対する校正関数の係数 a 1、b 1 はそれぞれ下記式のように表すことができる。

$$a_1 = (Y' 1 - Y' 2) / (Y 1 1 - Y 1 2)$$

$$b_1 = Y'_1 - (Y'_1 - Y'_2) \cdot Y_{11} / (Y_{11} - Y_{12})$$

同様の手順でNO2の装置に対する校正関数の係数a2、b2を求めることができる。図11(B)に示すように、NO1、NO2のそれぞれの装置の校正前のダイヤル値Yと校正後のダイヤル値Y'の関係(校正関数)はこのような傾きと切片の異なる2本の直線として表すことができる。ちなみに、機差の要因には固定コイルのインダクタンスの機差と可変コンデンサの最小容量の機差とが考えられ、校正曲線においては前者は傾きaに、後者は切片bに影響する。このようにして校正をかけた後のダイヤル値Y'とリアクタンスXの値の関係は図11(C)に示す。校正前のダイヤル値Yを横軸にとった場合(図11(A))互いに大きく離れていた3本の曲線が、校正後のダイヤル値Y'を横軸に取るとほとんど一致しており、NO1およびNO2のどの装置でも同じダイヤル値Y'に対して同じリアクタンスXをもつ。

このような校正関数を各プラズマ処理装置毎に予め求めておけば、同一のダイヤル値を含むプロセス条件(レシピ)の場合には、機差に関係なく各装置間において例えば常に同じようなプラズマ状態を形成することが可能となる。

#### 【0056】

(処理容器を含む校正：その1)

上述の場合、可変インピーダンス手段30の出力端子30Aにリアクタンス測定治具56を接続して矢印60の方向を見たりアクタンスを測定したが、装置構成、パーツ構成(パーツの交換等)によっても装置毎にリアクタンスにずれが生ずる場合がある。

従って、この場合には、図10に示すように、下部電極18にリアクタンス測定治具56を接続し、可変インピーダンス手段30及びその高周波電源側を切り離して矢印64の方向に見たりアクタンス(60MHz時)を、上述した場合と同様にして測定する。

そして、ここでも前述したと同様に校正関数や校正表を上記ダイヤル部44(図2参照)に記憶させておけばよい。この場合には、先に説明した矢印60の方向で見た時の校正と、上記矢印64の方向で見た時の校正を共に実行することにより、それぞれの装置に対して可変インピーダンス手段30を同一規格の別の個



体に付け代えて校正をやり直すことなく使用することができる。

#### 【0 0 5 7】

(処理容器を含む校正：その2)

上記校正では、下部電極8にリアクタンス測定治具56を設けて、リアクタンスの変化を測定したが、この方法は、精度が高い反面、実際にプラズマを発生させないため、ウエハ状態やプロセス条件による共振のズレまでは反映されない。そこで、これに代えて、プラズマを実際に発生させてダイヤル値と第2のマッチング回路26のマッチングポジション部38におけるマッチングポジションとの関係を測定するようにしてもよい(図2参照)。すなわち、装置構成、パーツ構成、ウエハ状態、プロセス条件等に共振のズレが発生するので、これに応じてマッチングポジションのダイヤル値に対する挙動も変動することになる。

#### 【0 0 5 8】

図12はダイヤル値とマッチングポジションとの関係を示すグラフである。図12中にはマッチングポジションとダイヤル値との基準となる基準相関関係66が併せて記載されている。これには、両者の関係が大きく変化する点、すなわち2つの変曲点P1、P2が表われており、この内のいずれか一方の変曲点、例えば変曲点P1を基準として校正を行う。

例えばNO3のプラズマ処理装置のマッチングポジションとダイヤル値との相関関係68が、上記基準相関関係66に対してダイヤル値でM値だけズレていると仮定した場合、このM値を相殺するような例えば校正表を予め作成し、これをダイヤル部44(図2参照)へ予め記憶させておき、校正を行うようにする。

尚、ここでは、マッチング回路とダイヤル値との相関関係を求めた場合について説明したが、これに代えて、可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧の電圧振幅、マッチングポジション、エッチング終点検出用分光器の出力の少なくともいずれか1つと前記可変インピーダンス手段のダイヤル値を求めるようにして上述のように校正を行ってもよい。

#### 【0 0 5 9】

また、可変インピーダンス手段が接続される電極側から印加する高周波電圧の

電圧振幅、マッチングポジション、対向する電極側から印加する高周波電圧振幅とマッチングポジション、エッチングの終点検出用分光器システムの出力の内の少なくともいずれか一つの変化を、ダイヤル値を自動的に変化させてデータを取得し、前述しがような校正手法を自動で行う機能をインピーダンス制御部等に持たせるようにしてもよい。

#### 【 0 0 6 0 】

##### < 第 4 実施例 >

上記各実施例においては、インピーダンスを変化させることができる可変インピーダンス手段 3 0 を設けたが、これに代えて、図 1 3 に示すように、インピーダンスが固定された固定インピーダンス手段 7 0 を設けるようにしてもよい。この場合には、この固定インピーダンス手段 7 0 が接続される電極、すなわち下部電極 1 8 に対向する電極、すなわち上部電極 6 に接続される高周波電源としては発生する高周波電圧の周波数を変化させることができる可変周波数型の高周波電源 7 2 を用いる。この場合には、例えば基本周波数  $f_0$  を 6 0 M H z とした場合、変動幅  $\pm \Delta f$  は  $\pm 5 \%$  位が適当である。この可変周波数型の高周波電源 7 2 としては、例えば特開平 5 - 1 1 4 8 1 9 号公報や特開平 9 - 5 5 3 4 7 号公報等の開示されている高周波電源を用いることができる。また、これ以上の変動幅を必要とする場合には固定回路素子を複数切り替えることによって実現できる。

このように高周波電源 7 2 の周波数を可変にすることにより、プロセス条件に合わせてプラズマ処理の面内均一性が最適になるような周波数を設定することができる。

#### 【 0 0 6 1 】

##### < 第 5 実施例 >

以上説明した実施例では、下部電極 1 8 に接続した高周波ライン 2 4 に可変インピーダンス手段 3 0 等を介設した場合を例にとって説明したが、これに限定されず、図 1 4 の第 5 実施例に示すように、上部電極 6 に接続した高周波ライン 1 0 にのみ同様な構成の可変インピーダンス手段を介設してもよいし、或いは、両者の高周波ライン 1 0、2 4 に共に可変インピーダンス手段を介設するようにしてもよい。

ここで、図14及び図15に示すような装置構成で、プラズマアッシング処理を行ったので、その時の評価結果について説明する。図15は上部電極に接続されるマッチング回路と可変インピーダンス手段を主体とする回路構成図である。ここで第1のマッチング回路12は、図2中に示すマッチング回路26から固定コイル34を省略したものと同様に構成されており、また、可変インピーダンス手段30に関しては、固定コンデンサ52と可変コイル50の直列回路として構成されている。尚、各コイルのインダクタンスやコンデンサの容量は、図2に示す場合と異なって、対応する高周波電圧の周波数に対応させて決定されている。また、ここでは、インピーダンス制御部、ダイヤル部、マッチングポジション部などの記載は省略している。

### 【0062】

このアッシング処理に用いた試料は、シリコンウエハ上に厚さが100nmのTEOSのSiO<sub>2</sub>膜が形成されており、更にこの上面に厚さが80nmのBARC（有機系反射防止膜）及び厚さが400nmで幅が180nmのラインパターンが形成されたフォトレジストが堆積されているものを用いた。

また、BARCとSiO<sub>2</sub>のエッチング条件は、以下の通りである。

#### <BARC>

プロセスガス（エッチングガス）：CH<sub>4</sub> / CHF<sub>3</sub> / O<sub>2</sub> = 157 / 52 / 11 s c c m

プロセス圧力：0.93 Pa（7 m T o r r）

下部電極温度：75℃

高周波電力：上部電極／下部電極＝100／500ワット

オーバーエッチング：10%

#### <SiO<sub>2</sub>>

プロセスガス（エッチングガス）：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> / Ar = 17 / 400 s c c m

プロセス圧力：5.3 Pa（40 m T o r r）

下部電極温度：75℃

高周波電力：上部電極／下部電極＝600／600ワット

オーバーエッチング：20%

図 1 6 はインピーダンス (1 3 . 5 6 M H z) に対する C D (C r i t i c a l D i m e n s i o n) シフトの変化を示すグラフである。上記 C D シフトとは、T E O S の S i O<sub>2</sub> のエッチング及びレジストのアッシング後の幅寸法とフォトレジストのエッチング前の幅寸法との差を示す。ここでは容量が 5 5 p F の固定コンデンサ 5 2 と可変コイル 5 0 を用いてインピーダンスを変化させた。

#### 【 0 0 6 3 】

図 1 6 中において、I S O は孤立パターンを示し、N e s t はラインやスペース (1 : 1) を示す。図示するように、1 3 . 5 6 M H z に対するインピーダンスを変化させると、それに対応して C D シフト量もある程度、例えばインピーダンスが 4 0 ~ 5 0 Ω の範囲において最大 1 0 n m 程度変化させることができることが判明した。

#### 【 0 0 6 4 】

##### < 第 6 実施例 >

また、以上説明した各実施例では、上部電極 6 と下部電極 1 8 の双方にそれぞれ高周波電源 1 4、2 8 を接続した装置例を例にとって説明したが、これに限定されず、いずれか一方の電極のみに高周波電源を接続した装置例にも本発明を適用できるのは勿論である。この場合には、例えば図 1 7 の第 6 実施例に示すように高周波電源 1 4 が接続されている電極、すなわちここでは上部電極 6 に対向する電極、すなわちここでは下部電極 1 8 に可変インピーダンス手段 3 0 を接続する。

#### 【 0 0 6 5 】

##### < 第 7 実施例 >

以上の各実施例にあつては、いずれか一方の電極から他方の電極を見た時のインピーダンスを変化させるようにして調整制御したが、これに替えて、プラズマから見たインピーダンスを制御するようにしてもよい。この場合は、プラズマからは、これに印加される高周波の基本波に対して種々の高次の高調波が発生しているので、この高調波の内の少なくとも 1 つに対して共振できるように可變的にインピーダンスの制御ができるようにする。

図 1 8 はこのような第 7 実施例を示すものであり、共振用可変インピーダンス

手段を設けたプラズマ処理装置を示す構成図、図19は共振用可変インピーダンス手段の一例を示す回路図である。尚、ここでは図1に示す構成と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。また、ここでは発明の理解を容易にするために図1中で記載された第1の高周波電源14及び第1のマッ칭回路12の記載を省略している。

#### 【0066】

この第7実施例では図1中に示す高周波ライン24に設けた可変インピーダンス手段30に替えて共振用可変インピーダンス手段80を設けている。第2の高周波電源28から基本波である13.56MHzの高周波電圧を下部電極18と上部電極6との間に印加させて処理空間Sにプラズマを発生させると、このプラズマからは、上記基本波に対して2次、3次、4次、5次…等の高次の高調波が発生するが、上記共振用可変インピーダンス手段80は、プラズマから見たインピーダンスを、上記複数の高次の高調波の内の少なくとも1つの高調波に対して共振させることができるように可変的に制御することができるようになっている。尚、前述したように、13.56MHzの基本波の高周波電流は、上部電極6や処理容器4の側壁等を介してアース側に抜けるようになっている。

#### 【0067】

図19に示すように、上記共振用可変インピーダンス手段80は、フィルタ手段82と、1つのインピーダンス可変部84との直列回路により構成される。更にこのインピーダンス可変部84は可変コンデンサ86と、固定コイル88との直列回路により構成される。

上記高周波ライン24に直接に接続されるフィルタ手段82は、このフィルタ手段82自体が接続される下部電極18に印加される第2の高周波電源28の基本波、すなわちここでは13.56MHzが流れ込まないようにカットし、且つこの基本波よりも大きな周波数を通して選択するためのものであり、ここではハイパスフィルタが使用される。

また上記インピーダンス可変部84の可変コンデンサ86は、その容量が可変になされており、ここでは上記基本波に対する2次高調波の近傍から4次高調波の近傍まで共振が選択できるようにプラズマから見たインピーダンスを調整して

制御できるようになっている。

#### 【0068】

そして、実際のエッチング等のプラズマ処理を行う場合には、上記共振用可変インピーダンス手段 8 0 のインピーダンス可変部 8 4 の可変コンデンサ 8 6 を可变的に調整し、プラズマから見たインピーダンスが 2 次高調波、3 次高調波、或いは 4 次高調波に選択的に共振するように制御する。

これにより、ウエハ W に対するプラズマ処理の面内均一性を高く維持したり、或いは処理容器 4 内におけるプラズマの状態を安定的に維持することが可能となる。

#### 【0069】

ここで、上記可変コンデンサ 8 6 の容量を種々変更した時の基本波を含む各高調波の電圧の変動状態、その時のプラズマ中における電子密度、及びエッチングの面内均一性の各評価を行ったので、その評価結果について説明する。図 2 0 は可変コンデンサの容量に対する下部電極 1 8 の電圧値であるボトム電圧  $V_{pp}$  (図 1 8 参照) の依存性を示すグラフ、図 2 1 は可変コンデンサの容量に対する基本波を含む各高調波のボトム電圧  $V_{pp}$  の依存性を示すグラフ、図 2 2 は可変コンデンサの容量に対するプラズマ中の電子密度の依存性を示すグラフ、図 2 3 は可変コンデンサの容量に対するエッチングレートの面内均一性の評価を示すグラフである。尚、ここでは可変コンデンサ 8 6 のダイヤル値を” 0 ~ 1 1 ” で示しており、これは例えば 2 5 0 p F ~ 3 0 p F の容量変化に対応している。

図 2 0 から明らかなように、ダイヤル値が” 0 ”、” 7. 5 ”、” 9. 9 ” の各ポイント A 1、A 2、A 3 でボトム電圧  $V_{pp}$  が大きく跳ね上がっており、この各ポイント A 1 ~ A 3 にて共振が発生していることが判明した。

#### 【0070】

そこで、基本波を含めて各高調波に対する電圧の変化を測定した。ここでは高調波として 2 次、3 次、4 次の場合を例に示すが、更に高次の高調波を考慮するようにしてもよい。図 2 1 (A) は基本波 (1 3. 5 6 M H z) に対するボトム電圧  $V_{pp}$  の変化を示しており、それぞれポイント A 1、A 2、A 3 で微少ながら電圧が一次的に急激に低下していることが判る。図 2 1 (B) は 2 次高調波 (



27. 12 MHz) に対するボトム電圧  $V_{pp}$  の変化を示しており、ポイント A 1 で電圧が急激に増加しており、ダイヤル値” 0 ” で 2 次高調波に対して共振が発生していることが判明した。図 2 1 (C) は 2 次高調波 (40. 68 MHz) に対するボトム電圧  $V_{pp}$  の変化を示しており、ポイント A 2 で電圧が急激に増加し、ダイヤル値” 7. 5 ” で 2 次高調波に対して共振が発生していることが判明した。図 2 1 (D) は 2 次高調波 (54. 24 MHz) に対するボトム電圧  $V_{pp}$  の変化を示しており、ポイント A 3 で電圧が急激に増加し、ダイヤル値” 9. 9 ” で 2 次高調波に対して共振が発生していることが判明した。

#### 【0071】

またプラズマ中に電子密度を測定するためのプローブを挿入して電子密度を測定した結果、図 2 2 に示すように、各ポイント A 1、A 2、A 3 (ダイヤル 0、7. 5、9. 9) において電子密度が一時的に低下しており、この各ポイントでプラズマの状態が制御を受けていることが確認できた。

さて、上記したような評価結果に基づいて、種々異なったダイヤル値でウエハのシリコン酸化膜のエッチング処理を行ったので、その時のエッチングレートについて図 2 3 に基づいて説明する。尚、ここでは直径が 200 mm のウエハを用いた。プロセス条件は、エッチングガスを  $CF_4$  を用い、その流量は 80 sccm である。またプロセス圧力は 150 mTorr (20 Pa) である。図 2 0 中には、各ダイヤル値に対応したポイント A 1 ~ A 3、B 1 ~ B 4 が示されている。この図 2 3 から明らかなように、共振点から外れている各ポイント B 1 ~ B 4 にダイヤル値を設定してエッチングを行った場合には、エッチングレートはウエハ中心部が全てにおいて盛り上がり、周辺部が低下しており、エッチングレートの面内均一性が悪化していることが判明した。

#### 【0072】

これに対して、共振の各ポイント A 1 ~ A 3 にダイヤル値を設定した場合には、エッチングレートはウエハ中心部での盛り上がりが抑制されて全体的に略フラットになり、エッチングレートの面内均一性が大幅に改善されていることが判明した。この場合、エッチングレートは、3 次、2 次、1 次高調波となるに従ってこの順に次第に低下しているので、エッチングレートを高く維持するためには特

に 3 次高調波に共振するようにインピーダンス調整するのが好ましいことが判明した。尚、ポイント A 1 にダイヤル値を設定した場合には、面内均一性は改善できるが、エッチングレート自体がかなり低くなり過ぎる。

#### 【 0 0 7 3 】

上記した第 7 実施例では、インピーダンス可変部 8 4 として可変コンデンサ 8 6 と固定コイル 8 8 との直列回路を用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、インピーダンスを変えることができるならばどのような回路でもよく、例えば図 7 に示すような全ての回路構成を用いることができる。この場合、上記したように基本波に対する高調波に対して共振させることができるように可変できるインピーダンス範囲が設定されるのは勿論である。尚、図 7 (F) 及び図 7 (G) に示すように、スイッチ 5 3 でインピーダンスを切り替える場合には、固定コイル 4 0 のインダクタンスや固定コンデンサ 5 2 の容量を、予め目標とする特定の高次の高調波に共振できるような値に設定しておけばよい。

#### 【 0 0 7 4 】

また上記第 7 実施例では、共振用可変インピーダンス手段 8 0 を第 2 の高周波電源 2 8 の高周波ライン 2 4 に設けた場合について説明したが、これに限定されず、高周波電流が流れる部分ならば何処に設けてもよい。図 2 4 は共振用可変インピーダンス手段を接続できる部分を示す模式図である。図 2 4 ではプラズマ処理装置を模式的に記して共振用可変インピーダンス手段の接続態様を示す。

図 2 4 (A) に示す場合は、共振用可変インピーダンス手段 8 0 を、前記高周波ライン 1 0 とは別のラインを用いて下部電極 1 8 に接続している。図 2 4 (B) に示す場合は、共振用可変インピーダンス手段 8 0 をフォーカスリング 9 0 に接続している。図 2 4 (C) に示す場合は、共振用可変インピーダンス手段 8 0 を整流板 2 2 に接続している。図 2 4 (D) に示す場合は、共振用可変インピーダンス手段 8 0 を処理容器 4 の壁（側壁及び底壁を含む）に接続している。図 2 4 (E) に示す場合は、共振用可変インピーダンス手段 8 0 を上部電極 6 に接続している。尚、図 2 4 (D) に示す場合には、処理容器 4 は対象とする高次の高調波に関しては直接的には接地されておらず、共振用可変インピーダンス手段 8 0 を介して接地される。この図 2 4 に示す全ての接続態様が、図 1 8 にて説明し

た場合と同様な作用効果を発揮することができる。

#### 【 0 0 7 5 】

また第 7 実施例で説明した共振用可変インピーダンス手段 8 0 は、1 つの可変コンデンサ 8 6 と 1 つの固定コイル 8 8 とよりなるインピーダンス可変部 8 4 で、2 次～4 次の高調波に対して共振の対応ができるようにしたが、これに替えて、各高調波に対して独立してインピーダンス制御ができるように複数、ここでは 3 つのインピーダンス可変部を設けるようにしてもよい。

#### 【 0 0 7 6 】

図 2 5 は、このような複数のインピーダンス可変部を有する共振用可変インピーダンス手段の変形例を示す回路図、図 2 6 は図 2 5 に示す回路図の各接続ポイントを説明するための模式図である。ここでは共振用可変インピーダンス手段 8 0 の 3 点の接続ポイントが a、b、c で表されているが、図 2 5 及び図 2 6 で示される各ポイントが、図 2 4 及び後述する図 3 0 においてそれぞれ対応させて示されている。図 2 5 (A) に示す場合には、高周波ライン 2 4 に、それぞれ異なる高調波を通す 3 つのバンドパスフィルタ 8 2 A、8 2 B、8 2 C を並列に接続してフィルタ手段 8 2 を構成している。この場合、第 1 のバンドパスフィルタ 8 2 A は 2 次高調波を中心とする周波数帯域を通し、第 2 のバンドパスフィルタ 8 2 B は 3 次高調波を中心とする周波数帯域を通し、第 3 のバンドパスフィルタ 8 2 C は 4 次高調波を中心とする周波数帯域を通す。また各バンドパスフィルタ 8 2 A～8 2 C は基本波 (1 3 . 5 6 M H z) は通さないのは勿論である。そして、各バンドパスフィルタ 8 2 A～8 2 C に、各可変コンデンサ 8 6 A、8 6 B、8 6 C と固定コンデンサ 8 8 A、8 8 B、8 8 C とをそれぞれ個別に直列接続してなる 3 つのインピーダンス可変部 8 4 A、8 4 B、8 4 C を、個別に直列接続している。

#### 【 0 0 7 7 】

これによれば、3 つの異なる高次の高調波の内、選択的に 1 つの高調波に共振させることができるのみならず、任意の 2 つ或いは 3 つの高調波に対しても同時に共振させることができる。従って、各高調波が持つプラズマ処理に対する特性を複合的に組み合わせることができる。

図 2 5 (B) に示す場合には、フィルタ手段 8 2 は、2 次高調波以上の周波数を通過する第 1 のハイパスフィルタ 9 2 A と、3 次高調波以上の周波数を通過する第 2 のハイパスフィルタ 9 2 B と、4 次高調波以上の周波数を通過する第 3 のハイパスフィルタ 9 2 C とを、この順序で直列に接続して構成されている。

そして、第 1 と第 2 のハイパスフィルタ 9 2 A、9 2 B との間に、図 2 5 (A) に示したと同様な構成の上記 2 次高調波用のインピーダンス可変部 8 4 A を接続し、第 2 と第 3 のハイパスフィルタ 9 2 B、9 2 C との間に、上記 3 次高調波用のインピーダンス可変部 8 4 B を接続し、そして、第 3 のハイパスフィルタ 9 2 C の下流側に上記 4 次高調波用のインピーダンス可変部 8 4 C を接続する。この場合にも、図 2 5 (A) にて説明したと同様な作用効果を発揮することができる。

#### 【0 0 7 8】

図 2 5 (C) に示す回路構成は、後述する図 3 0 に示すような回路構成のときに用いることから、基本波が流れることを前提とする。このため、下部電極 1 8、フォーカスリング 9 0、及び整流板 2 2 に接続する場合には用いられず、処理容器 4 (図 2 4 (D) 参照) や上部電極 6 (図 2 4 (E) 参照) に接続する場合に用いる。尚、図 2 4 に示すような回路構成のときはこの制限は必要ない。この図 2 5 (C) に示すように、フィルタ手段 8 2 は、4 次高調波以下の周波数を通す第 1 のローパスフィルタ 9 4 A と、3 次高調波以下の周波数を通す第 2 のローパスフィルタ 9 4 B と、2 次高調波以下の周波数を通す第 3 のローパスフィルタ 9 4 C とを、この順序で直列に接続して構成されている。

#### 【0 0 7 9】

そして、第 1 と第 2 のローパスフィルタ 9 4 A、9 4 B との間に、図 2 5 (A) に示したと同様な構成の上記 4 次高調波用のインピーダンス可変部 8 4 C を接続し、第 2 と第 3 のローパスフィルタ 9 4 B、9 4 C との間に、上記 3 次高調波用のインピーダンス可変部 8 4 B を接続し、そして、第 3 のローパスフィルタ 9 4 C の下流側に上記 2 次高調波用のインピーダンス可変部 8 4 A を接続する。この場合にも、図 2 5 (A) にて説明したと同様な作用効果を発揮することができる。

## 【0080】

上記実施例で説明した各ハイパスフィルタは、例えば図27に示すように構成できる。図27はハイパスフィルタの一例を示す回路図である。図27(A)は、回路に直列に接続された固定コンデンサC1と、回路に並列に接続された固定抵抗R1とよりなる。図27(B)は回路に直列に接続された固定コンデンサC1と、回路に並列に接続された固定コイルL1とよりなる。図27(C)は回路に直列に接続された固定コンデンサC1と、回路に並列に接続された、固定コイルL1と固定コンデンサC2との直列回路とよりなる。図27(D)は、回路に直列に接続された、固定コンデンサC1と固定コイルL1との並列回路と、回路に並列に接続した固定コイルL2とよりなる。

## 【0081】

また上記実施例で説明した各ローパスフィルタは、例えば図28に示すように構成できる。図28はローパスフィルタの一例を示す回路図である。図28(A)は回路に直列に接続された固定抵抗R1と、回路に並列に接続された固定コンデンサC1とよりなる。図28(B)は回路に直列に接続された固定コイルL1と、回路に並列に接続された固定コンデンサC1とよりなる。図28(C)は回路に直列に接続された固定コイルL1と、回路に並列に接続された固定コンデンサC1と固定コイルL2との直列回路とよりなる。図28(D)は回路に直列に接続された、固定コイルL1と固定コンデンサC1との並列回路と、回路に並列に接続した固定コンデンサC2とよりなる。

## 【0082】

また図29はノッチフィルタの一例を示す回路図であり、前述したバンドパスフィルタ82A～82Cに替えて、この種のノッチフィルタを用いてもよい。このノッチフィルタは、特定の波長帯のみを通さないノッチを直列に接続して所望する波長帯を通すようにしたものである。例えば第1の固定コイルL1と第1の固定コンデンサC1の並列回路で基本波の波長帯をカットし、第2の固定コイルL2と第2の固定コンデンサC2の並列回路で2次高調波の波長帯をカットし、第3の固定コイルL3と第3の固定コンデンサC3の並列回路で3次高調波の波長帯をカットし、そして、各並列回路を直列に接続することで4次高調波の波長



帯を通すことができる（具体的には 4 次高調波以上の波長帯が通る）。従って、各固定コイルのインダクタンスと固定コンデンサの容量とを適切に設定すれば、所望しない波長帯をカットし、所望する波長帯を通すことができる。

### 【 0 0 8 3 】

以上の第 7 実施例では、下部電極 1 8 に高周波電源 2 8 を接続した場合を例にとって説明したが、これに替えて、上部電極 6 のみに高周波電源を接続した場合にも、上下逆になるだけであり、上述したと同様に行うことができる。この場合、下部電極 1 8 は上部電極 6 に印加される高周波電流が通るように設定されるのは勿論である。

更に、図 3 0 に示すように、上部電極 6 と下部電極 1 8 の双方に高周波電源 1 4、2 8 をそれぞれ接続した場合（この点は図 1 に示す場合と同じである）にも本発明を適用することができる。ここでは、下部電極 1 8 の高周波ライン 2 4 に共振用可変インピーダンス手段 8 0 を設けると共に、上部電極 6 の高周波ライン 1 0 にも共振用可変インピーダンス手段 9 8 を設けている。この場合、上部電極 6 側の共振用可変インピーダンス手段 9 8 の構成は、基本周波数が 1 3 . 5 6 M H z から第 1 の高周波電源 1 4 の 6 0 M H z に変更している以外は、先に下部電極 1 8 側の共振用可変インピーダンス手段 8 0 に対して説明した構成が全て適用できる。

### 【 0 0 8 4 】

また、上記 2 つの共振用可変インピーダンス手段 8 0、9 8 のいずれかに一方を択一的に採用するようにしてもよい。

また上記第 7 実施例では各インピーダンス可変部を高調波に対して完全な共振状態に設定する場合、或いは共振状態から大きく外す場合を説明したが、これに限定されず、不完全な共振状態、例えば 5 0 % 程度の共振状態に設定して、プラズマの状態をコントロールするようにしてもよく、共振状態の程度も 0 ~ 1 0 0 % まで線形的に変化するように制御してもよい。

また、以上の説明で用いた高周波電源の周波数は単に一例を示したに過ぎず、他に例えば 8 0 0 k H z、2 M H z、2 7 M H z、1 0 0 M H z 等を用いることもできる。



尚、以上の実施例では被処理体として半導体ウエハを例にとって説明したが、これに限定されず、ガラス基板、LCD基板等进行处理する場合にも本発明を適用することができる。

#### 【0085】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置及び可変インピーダンス手段の校正方法によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

請求項1、4～9、13、14、18～22に係る発明によれば、上部電極と下部電極の内のいずれか一方の電極の高周波ラインに可変インピーダンス手段を設けて他方の電極側から見た時のインピーダンスを変化させることができるようにしたので、プロセス条件や装置自体の状態に適合させてインピーダンスを制御することができる。

従って例えば被処理体に対するプラズマ処理の面内均一性を高く維持したり、或いは処理容器内におけるプラズマの状態を安定的に維持することができる。

請求項2に係る発明によれば、インピーダンス制御部の構成は、細かな制御が可能だが制御範囲が比較的狭い連続可変素子を内蔵するものと、細かい制御はできないが制御範囲が広くとれる固定素子の切り替えによるもの、さらにはその両方を組み合わせて、制御範囲を広くとり、なおかつ細かな制御まで可能なものを採用することができる。

請求項3に係る発明によれば、マッチング動作に関してほとんど影響を与えることも無く、さらに可変インピーダンス手段を設けることによる高周波電力のパワーロスおよびそれに伴う可変インピーダンス手段の焼損を防ぐことができる。

請求項10に係る発明によれば、高周波電源として周波数可変型の高周波電源を用い、これに接続される電極とは対向する電極側に、連続、或いは段階的に異なる周波数に対して異なるインピーダンス値をもつ固定インピーダンス手段を設けるようにしたので、プロセス条件や装置自体の状態に適合させて高周波電圧の周波数を変化させることにより、プラズマ処理の面内均一性を向上させたり、プラズマの安定化を図ることが可能となる。

請求項11に係る発明によれば、電源周波数の制御と可変インピーダンス素子

を組み合わせて利用することにより、通常あまり大きくとることのできない周波数可変範囲においてインピーダンスの制御範囲を広くとることも可能となる。目標とするインピーダンスがお互いに関係離れた 2 点ある場合について、固定回路素子の切り替えによって粗く調整を行い、さらに周波数を連続的に変化させることで微調整を行い、目標とするインピーダンスの変化を高い精度で実現することが可能となる。

請求項 1 2、1 5、1 6 に係る発明によれば、可変インピーダンス手段を量産した場合でもこの機差（個体差）を校正することができる。

請求項 1 7 に係る発明によれば、請求項 1 5、1 6 に規定する校正方法とは違って、実施にあたって特別な治具や計測器を必要とせず、装置に通常に備わっているものだけで実施できることから、大きな利点がある。

請求項 2 3 ～ 3 5 に係る発明によれば、共振用可変インピーダンス手段を設けてプラズマから見たインピーダンスを、高周波電源の高調波の内の少なくとも 1 つに対して共振できるように可変にしたので、プロセス条件や装置自体の状態に適合させてインピーダンスを調整制御することができる。

従って、例えば被処理体に対するプラズマ処理の面内均一性を高く維持したり、或いは処理容器内におけるプラズマの状態を安定的に維持することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す概略構成図である。

##### 【図 2】

下部電極に接続されるマッチング回路と可変インピーダンス手段を主体とする回路構成図である。

##### 【図 3】

可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値（ダイヤル値）と容量との相互関係を示すグラフである。

##### 【図 4】

可変インピーダンス手段のインピーダンス対応値（ダイヤル値）とリアクタン

スとの相互関係を示すグラフである。

【図 5】

プロセス A、B のダイヤル値とプラズマ処理の面内均一性  $3\sigma$  との関係を示すグラフである。

【図 6】

従来装置と本発明装置とでプロセスを行った時の直径 3 0 0 mm のウエハ上のエッチングレートの分布を示すグラフである。

【図 7】

可変インピーダンス手段の変形例を示す回路図である。

【図 8】

上部電極と下部電極とに印加する高周波電力の組み合わせを変えた時のプラズマの安定性を示すグラフである。

【図 9】

可変インピーダンス手段のダイヤル値とプラズマの安定性との関係を示すグラフである。

【図 1 0】

プラズマ処理装置の校正を行う時のリアクタンス測定治具の取り付け状態を示す図である。

【図 1 1】

複数（2 台）のプラズマ処理装置のダイヤル値とリアクタンスとの相関関係、校正の前後のダイヤル値の関係、ダイヤル値とリアクタンスの関係をそれぞれ模式化して示した図である。

【図 1 2】

ダイヤル値とマッチングポジションとの関係を示すグラフである。

【図 1 3】

固定インピーダンス手段と可変周波数型の高周波電源を用いたプラズマ処理装置を示す構成図である。

【図 1 4】

本発明に係るプラズマ処理装置の変形例を示す概略構成図である。

**【図 1 5】**

上部電極に接続されるマッチング回路と可変インピーダンス手段を主体とする回路構成図である。

**【図 1 6】**

インピーダンス（13.56MHz）に対するCDシフトの変化を示すグラフである。

**【図 1 7】**

一方の電極のみに高周波電源が接続された時のプラズマ処理装置を示す構成図である。

**【図 1 8】**

共振用可変インピーダンス手段を設けたプラズマ処理装置を示す構成図である。

**【図 1 9】**

共振用可変インピーダンス手段の一例を示す回路図である。

**【図 2 0】**

可変コンデンサの容量に対する下部電極の電圧値であるボトム電圧 $V_{pp}$ の依存性を示すグラフである。

**【図 2 1】**

可変コンデンサの容量に対する基本波を含む各高調波のボトム電圧 $V_{pp}$ の依存性を示すグラフである。

**【図 2 2】**

可変コンデンサの容量に対するプラズマ中の電子密度の依存性を示すグラフである。

**【図 2 3】**

可変コンデンサの容量に対するエッチングレートの面内均一性の評価を示すグラフである。

**【図 2 4】**

プラズマ処理装置を模式的に記して共振用可変インピーダンス手段の接続態様を示す。

**【図 2 5】**

複数のインピーダンス可変部を有する共振用可変インピーダンス手段の変形例を示す回路図である。

**【図 2 6】**

図 2 5 に示す回路図の各接続ポイントを説明するための模式図である。

**【図 2 7】**

ハイパスフィルタの一例を示す回路図である。

**【図 2 8】**

ローパスフィルタの一例を示す回路図である。

**【図 2 9】**

ノッチフィルタの一例を示す回路図である。

**【図 3 0】**

上部電極と下部電極の双方に高周波電源をそれぞれ接続した場合のプラズマ処理装置を示す概略構成図である。

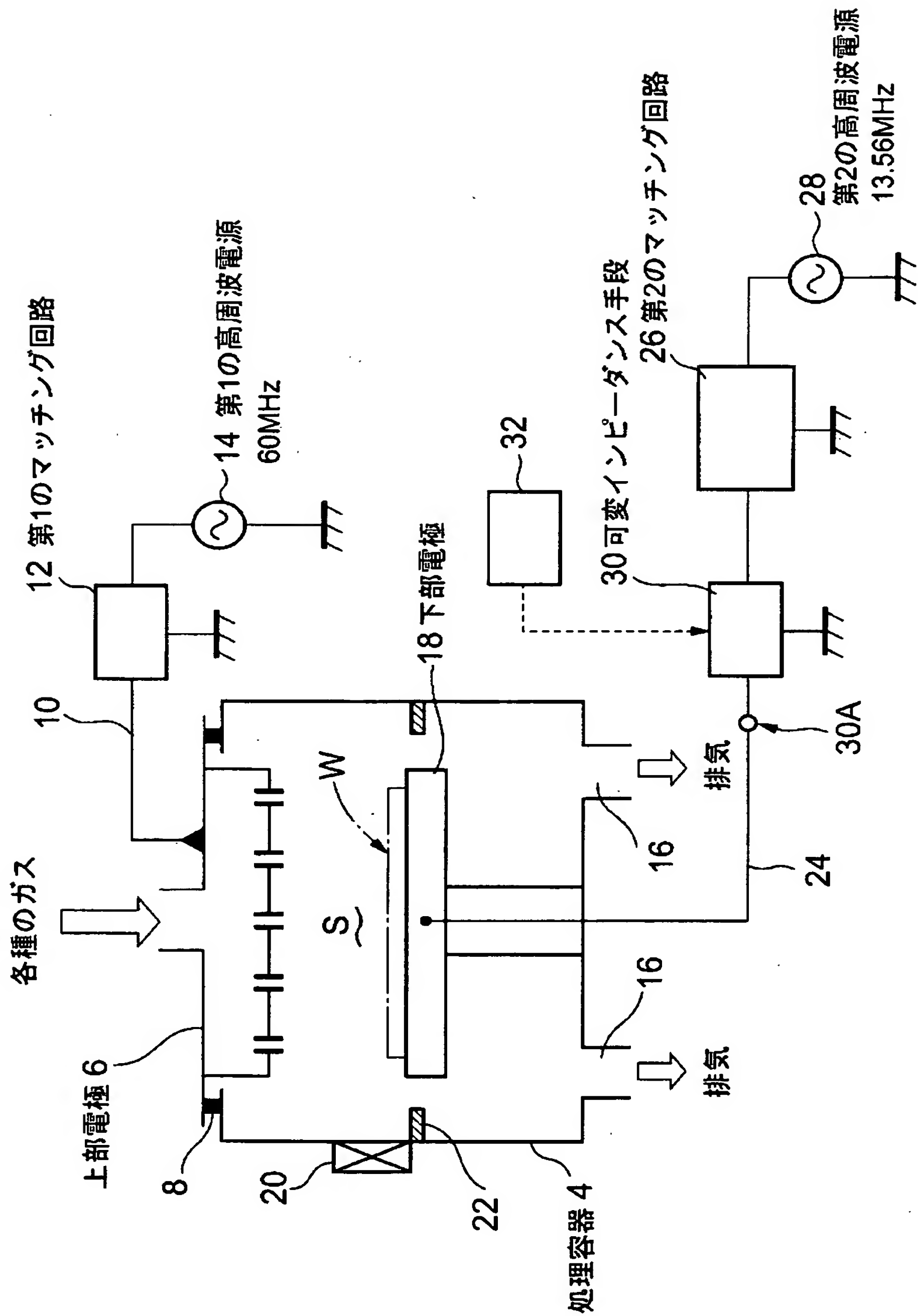
**【符号の説明】**

- 2 プラズマ処理装置
- 4 処理容器
- 6 上部電極
- 1 0 高周波ライン
- 1 2 第 1 のマッチング回路
- 1 4 第 1 の高周波電源
- 1 8 下部電極（載置台）
- 2 6 第 2 のマッチング回路
- 3 0 可変インピーダンス手段
- 3 2 インピーダンス制御部
- 4 0 固定コイル
- 4 2 可変コンデンサ
- 4 4 ダイアル部
- 5 6 リアクタンス測定治具

- 7 0 固定インピーダンス手段
- 7 2 可変周波数型の高周波電源
- 8 0, 9 8 共振用可変インピーダンス手段
- 8 2 フィルタ手段
- 8 2 A ~ 8 2 C バンドパスフィルタ
- 8 4, 8 4 A ~ 8 4 C インピーダンス可変部
- 8 6, 8 6 A ~ 8 6 C 可変コンデンサ
- 8 8, 8 8 A ~ 8 8 C 固定コイル
- 9 0 フォーカスリング
- 9 2 A ~ 9 2 C ハイパスフィルタ
- 9 4 A ~ 9 4 C ローパスフィルタ
- W 半導体ウエハ (被処理体)

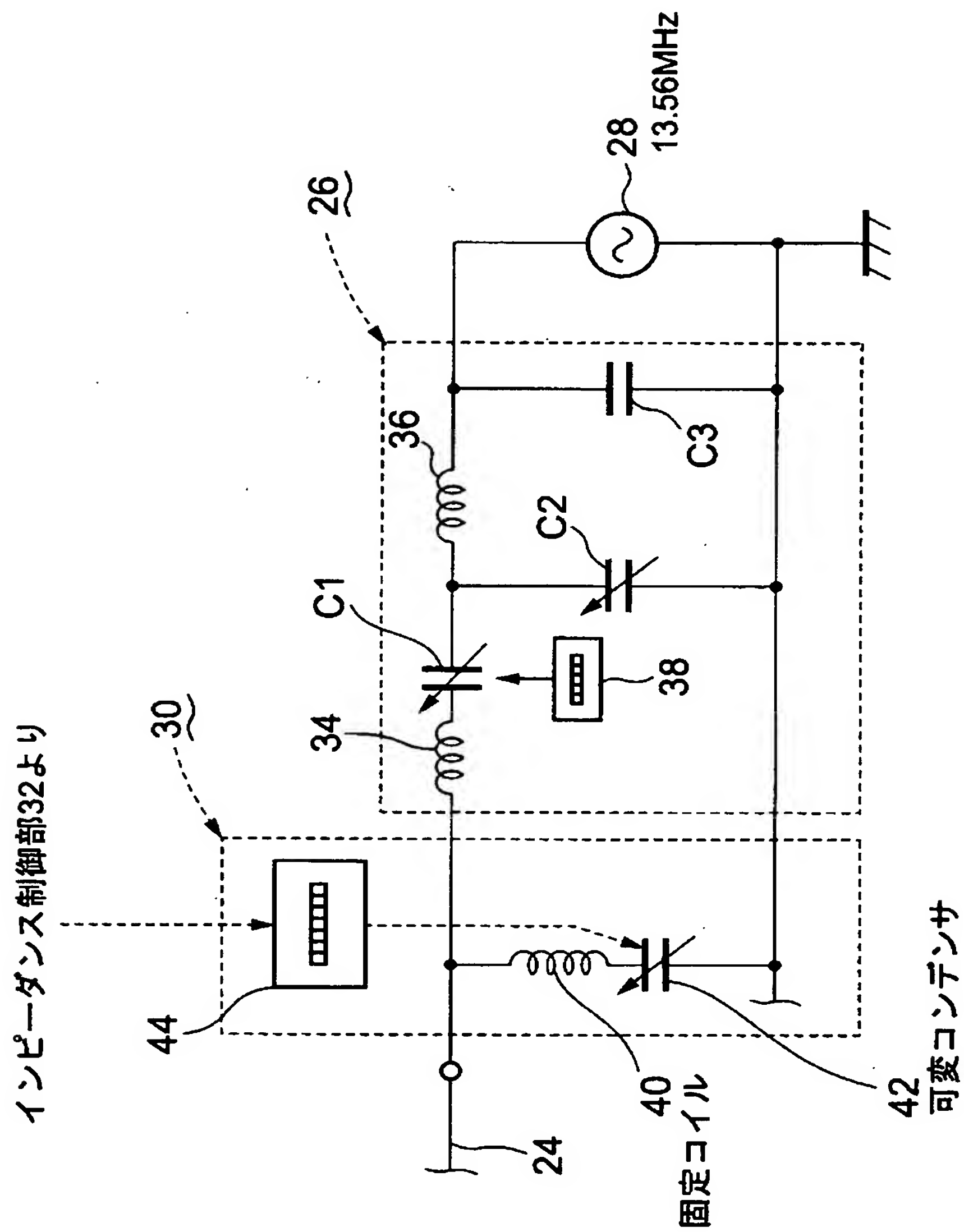


【書類名】 図面  
【図 1】

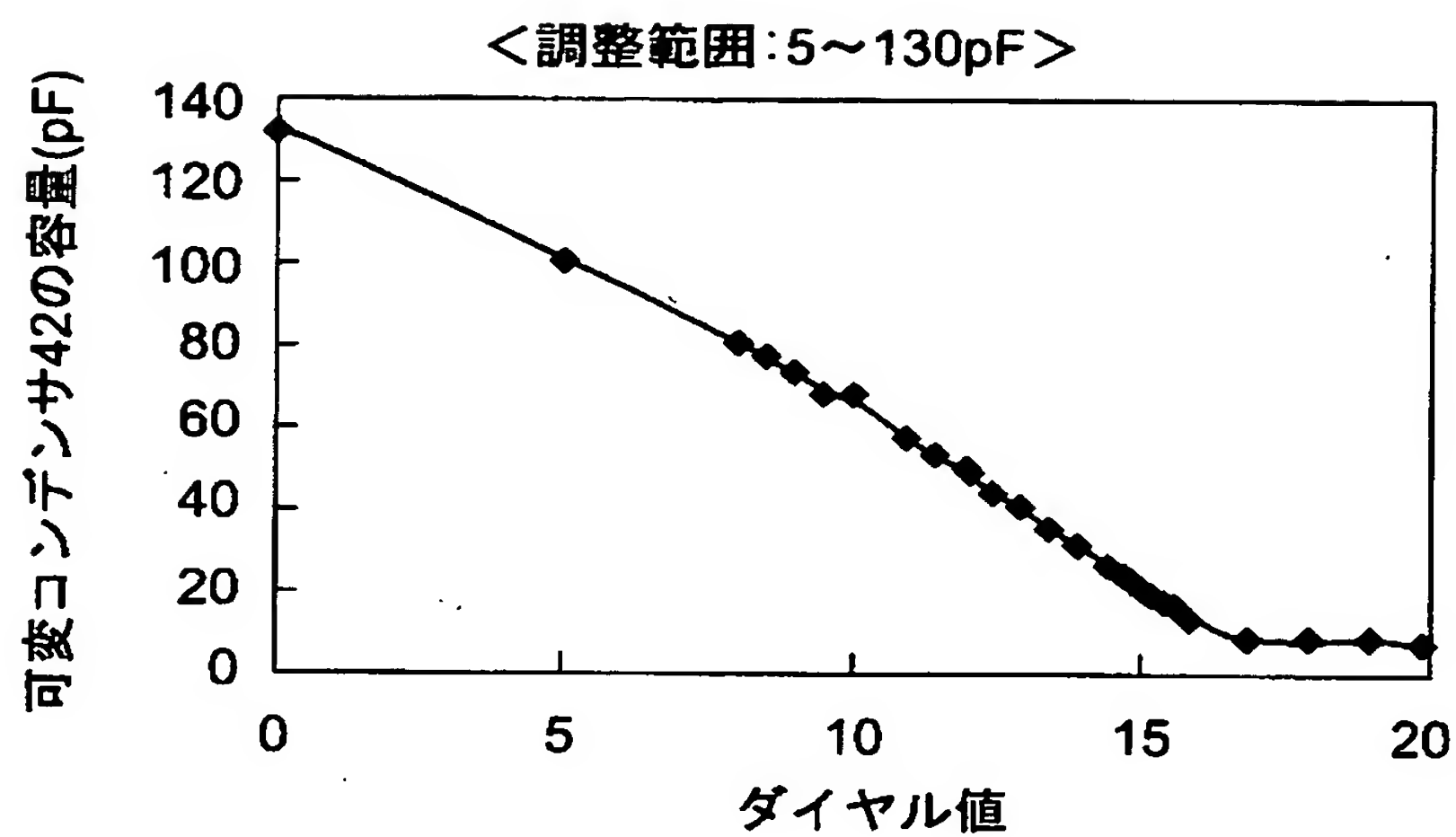


2 プラズマ処理装置  
＜第1及び第2実施例＞

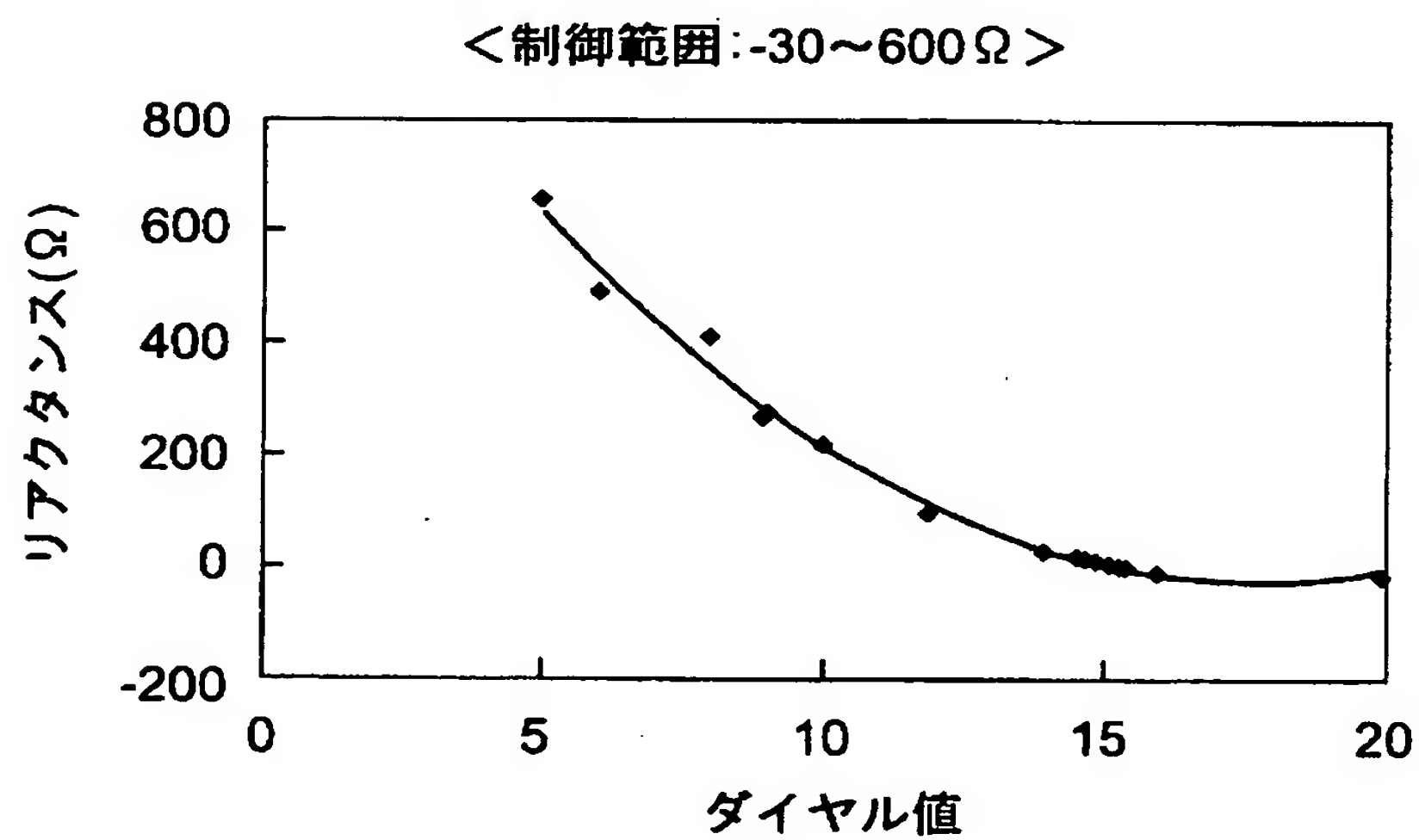
【図 2】



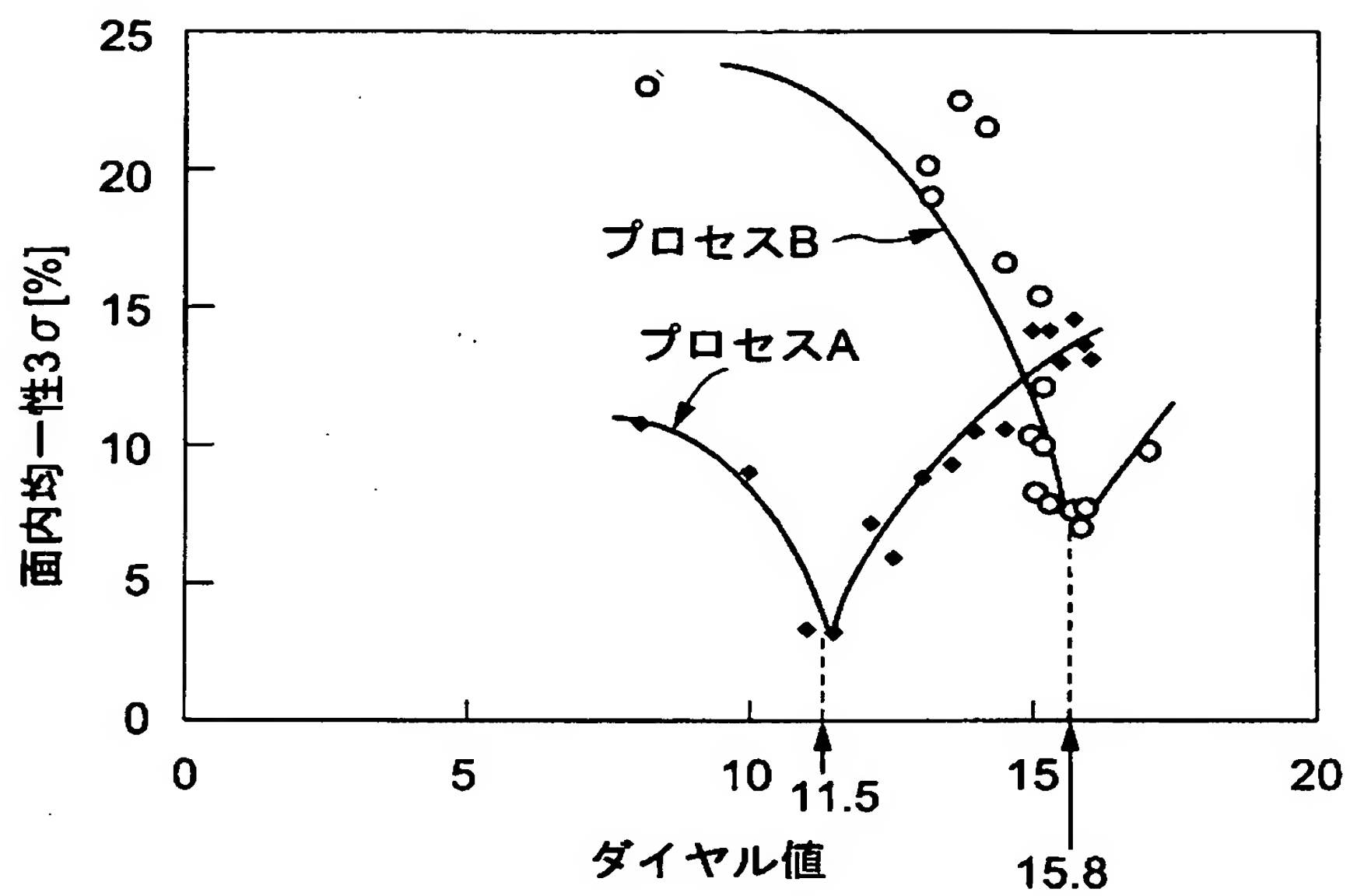
【図 3】



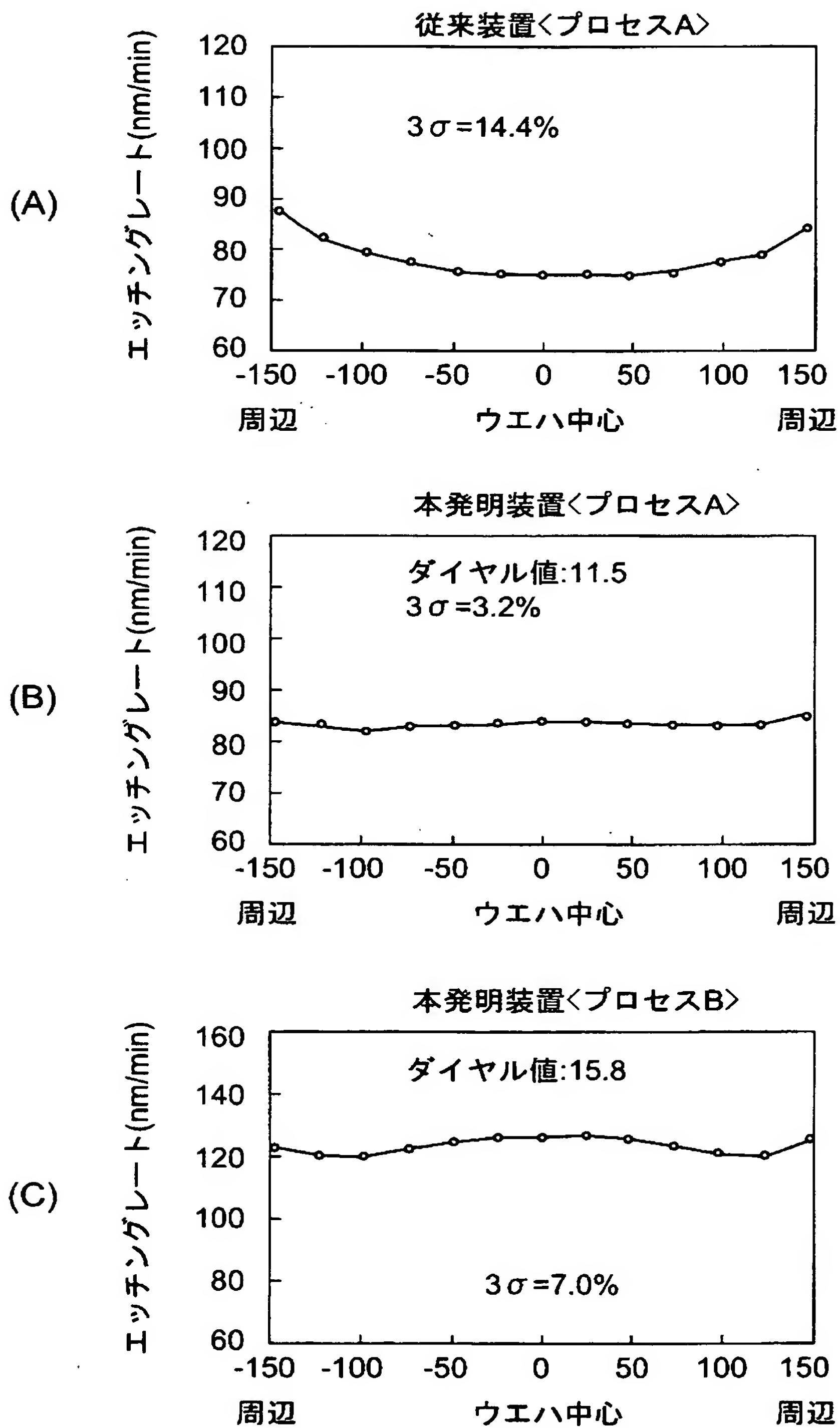
【図 4】



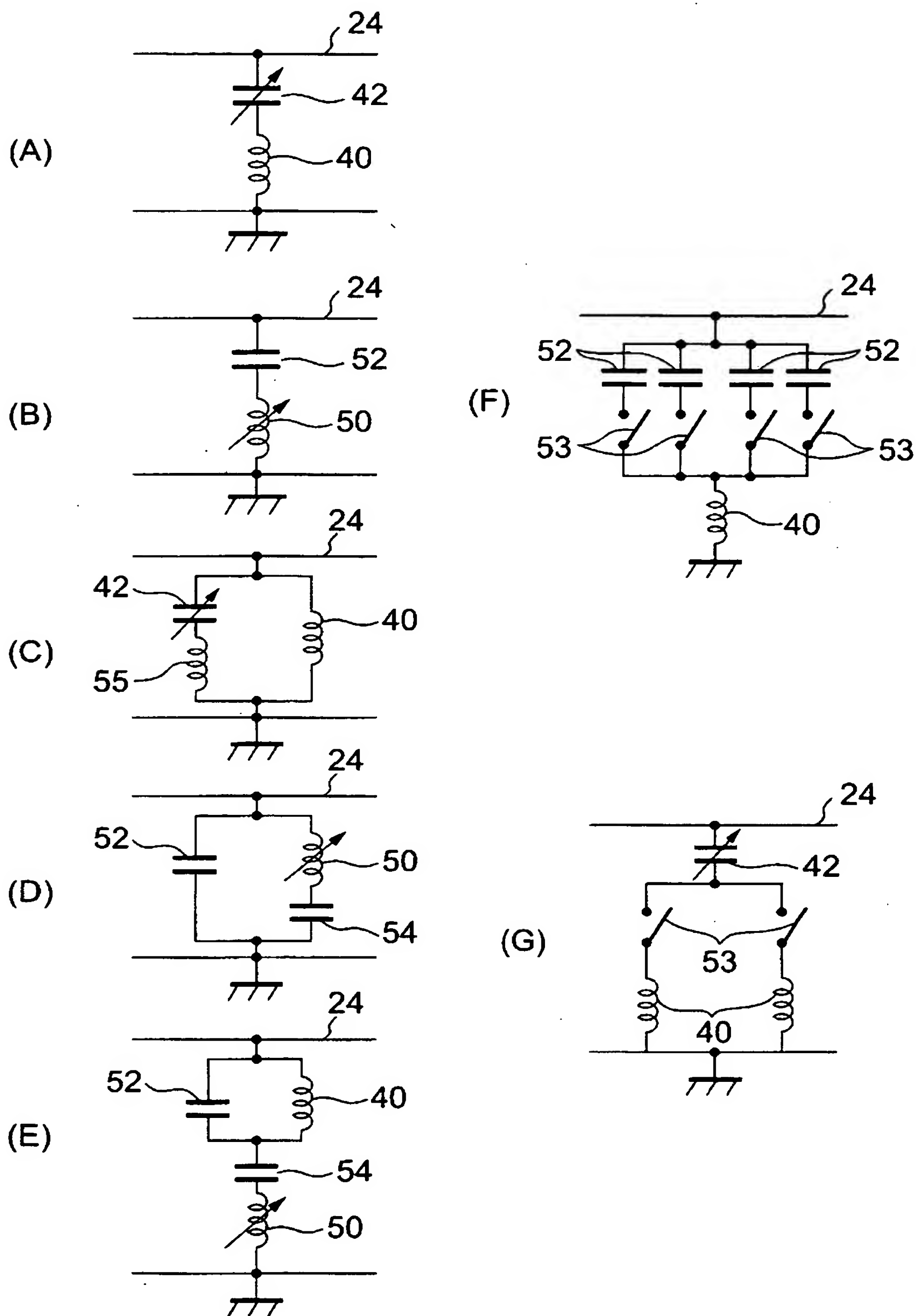
【図 5】



【図 6】



【図 7】

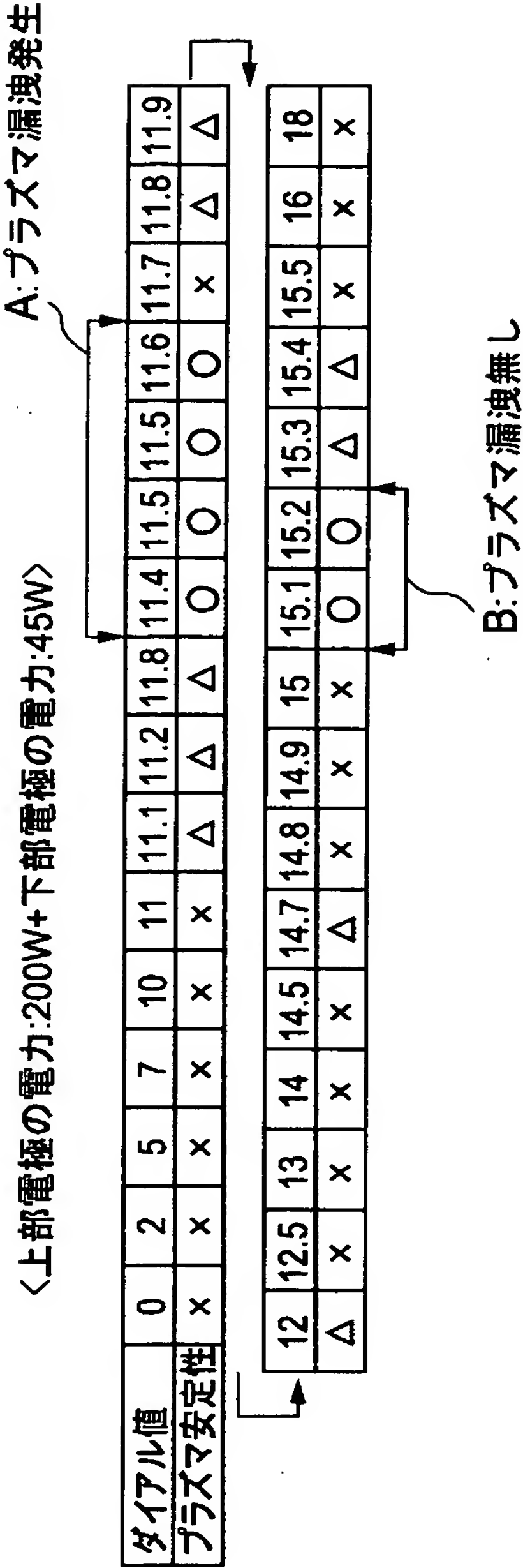




【図 8】

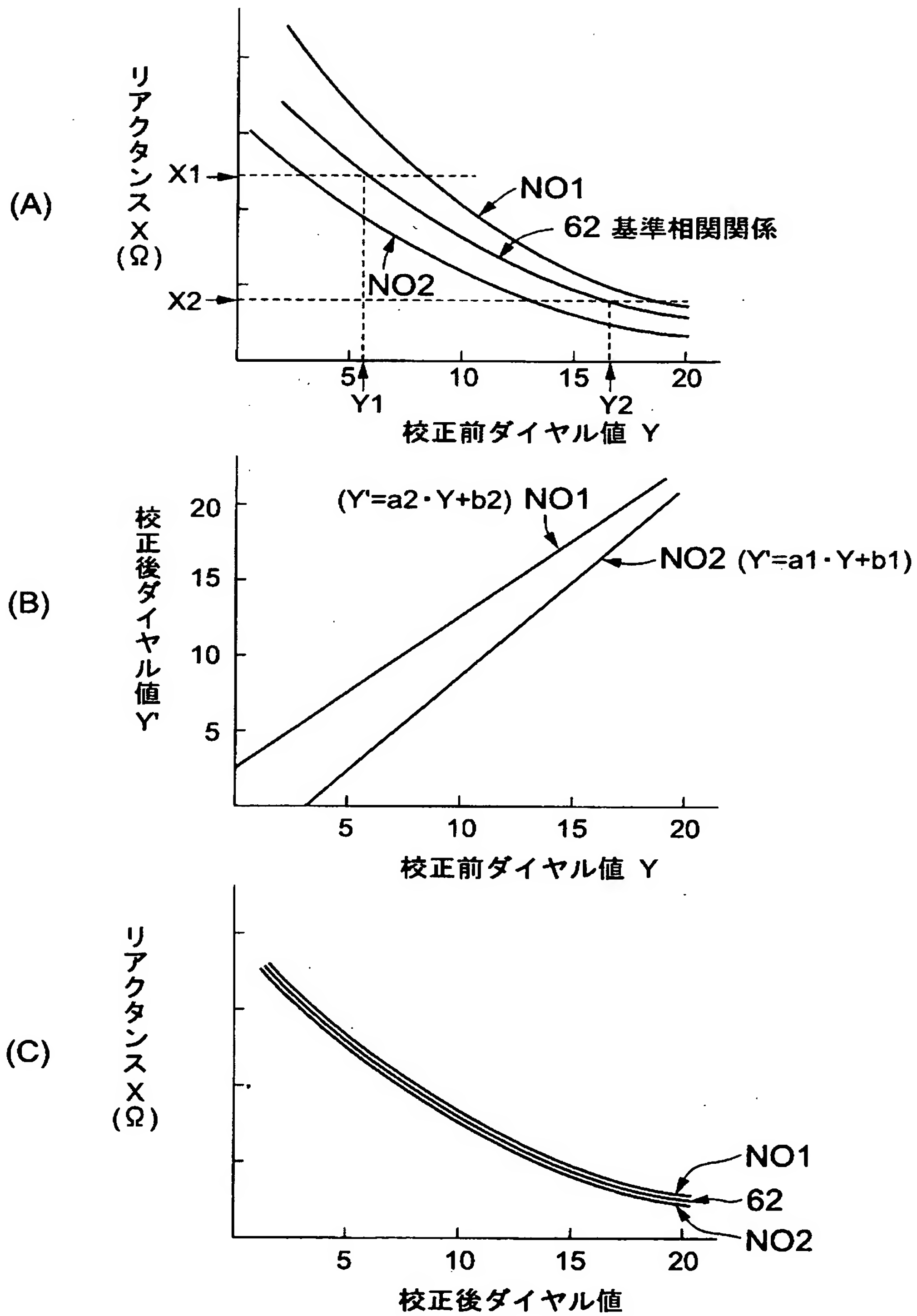
|         |     | 上部電極の電力 |     |     |     |     |
|---------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
|         |     | 100     | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 下部電極の電力 | 30  | ○       | △   | △   | △   | △   |
|         | 45  | ○       | ×   | ○   | △   | ○   |
|         | 60  | ○       | △   | ○   | ○   | ○   |
|         | 75  | ○       | △   | ○   | ○   | ○   |
|         | 90  | ○       | △   | ○   | ○   | ○   |
|         | 105 | ○       | △   | ○   | ○   | ○   |

【図 9】

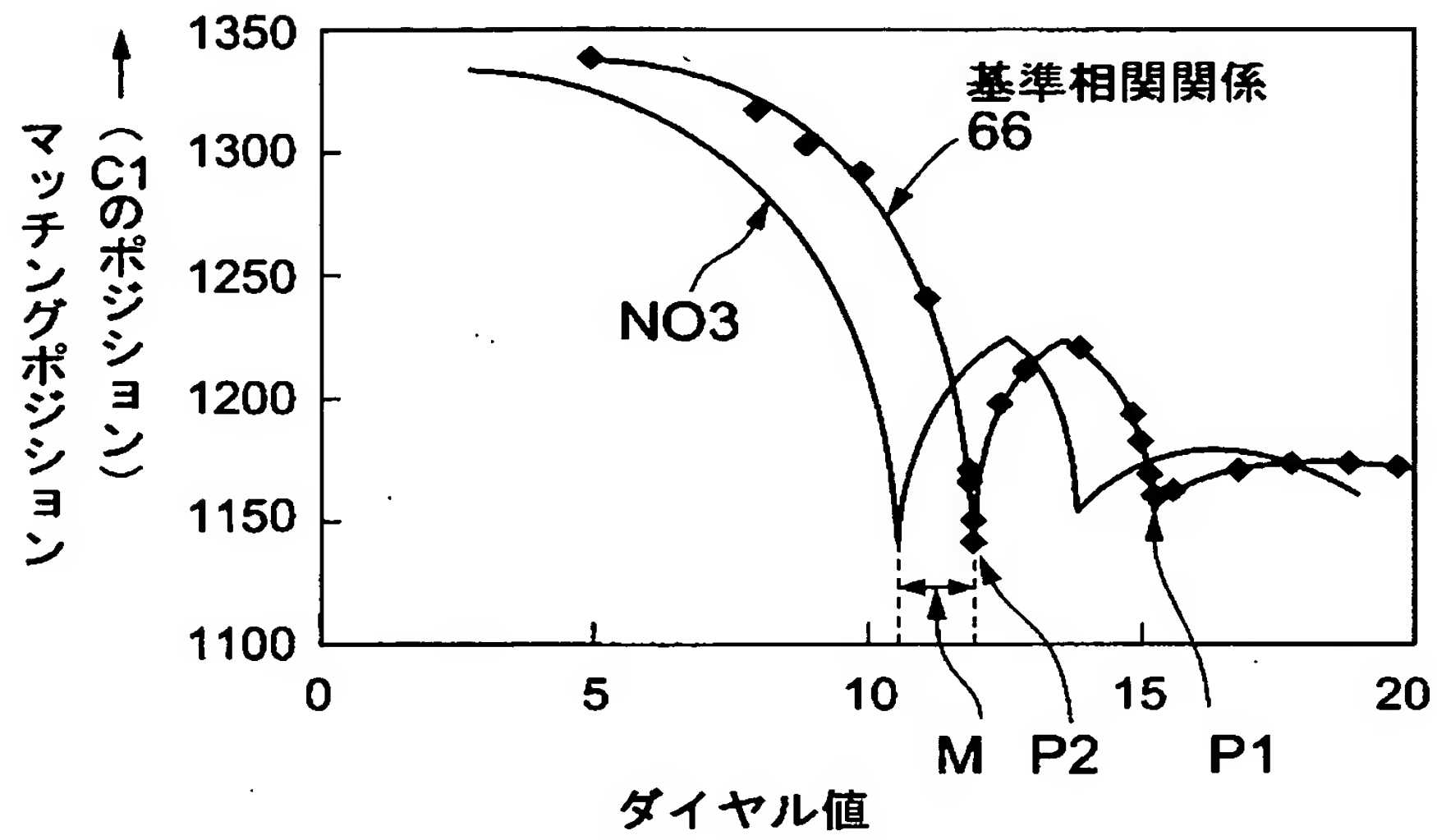




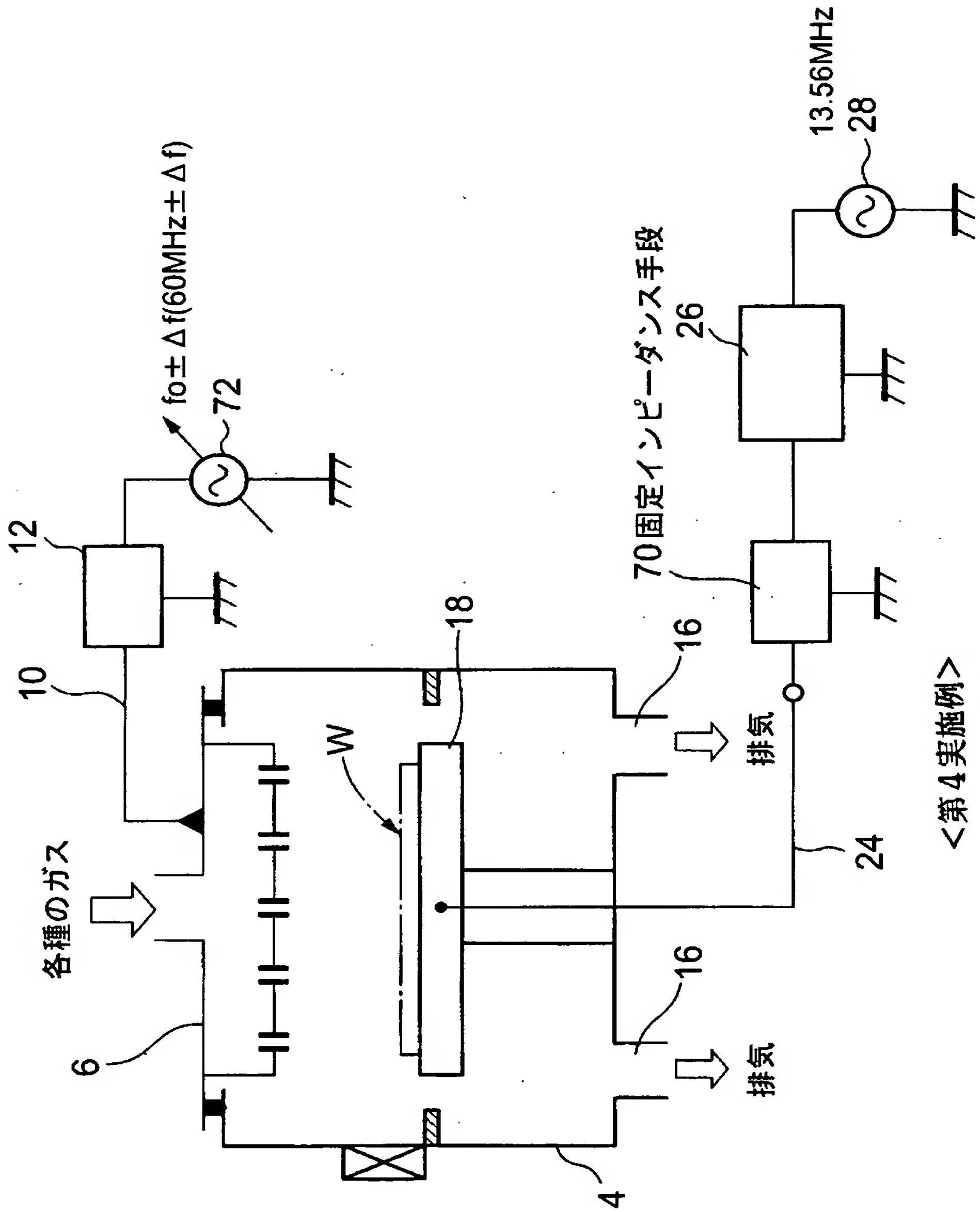
【図 1 1】



【図 12】



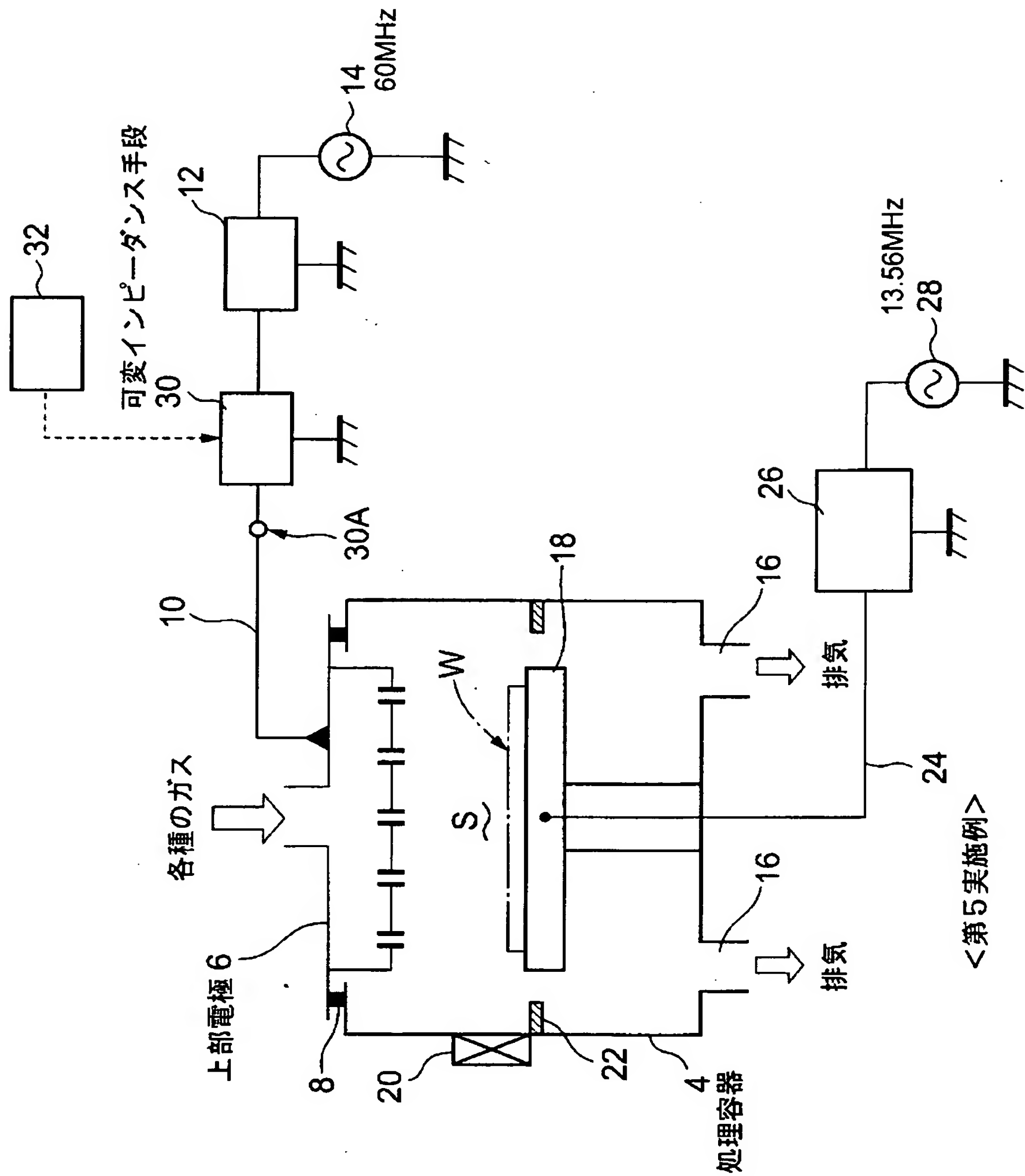
【図 13】



<第4実施例>

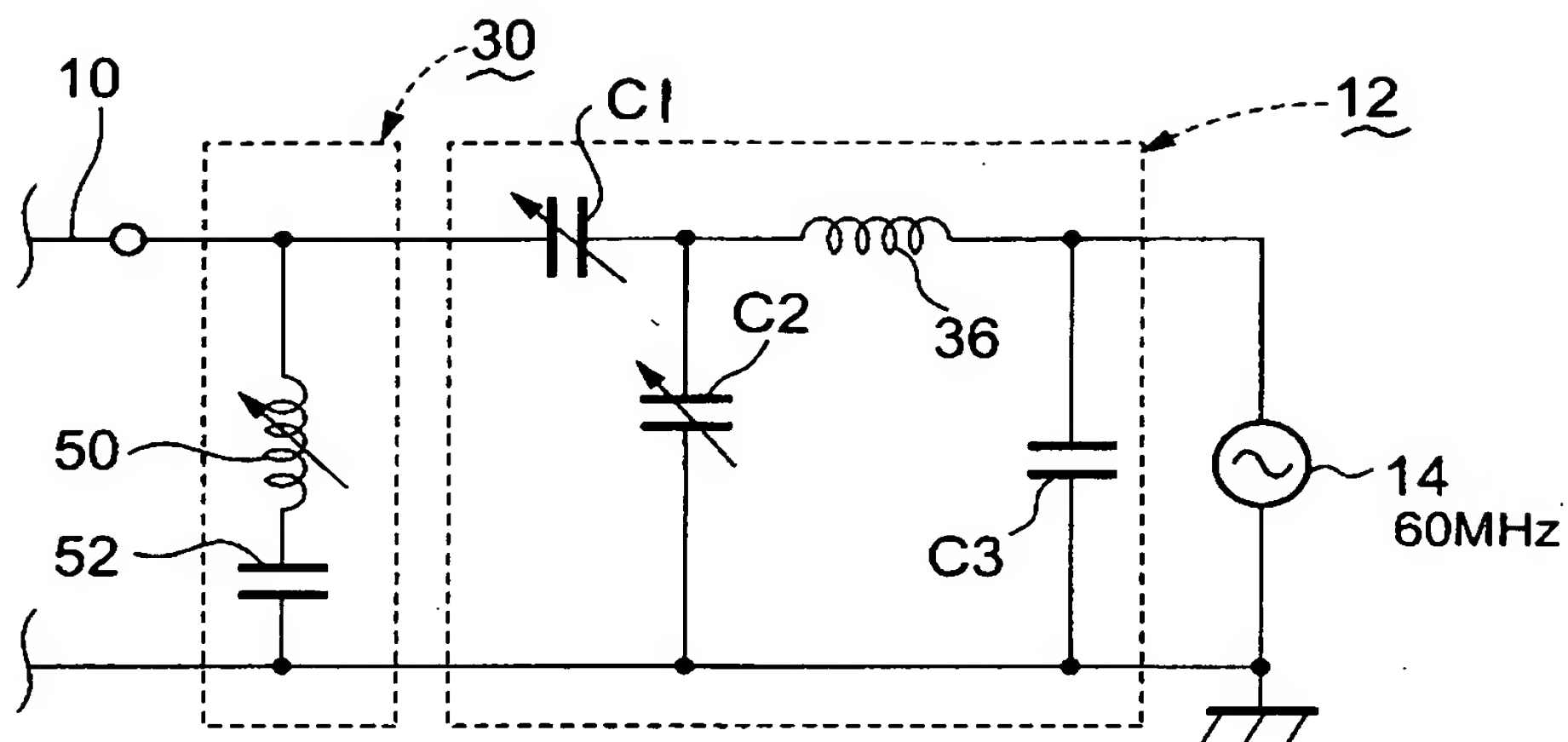


【図14】

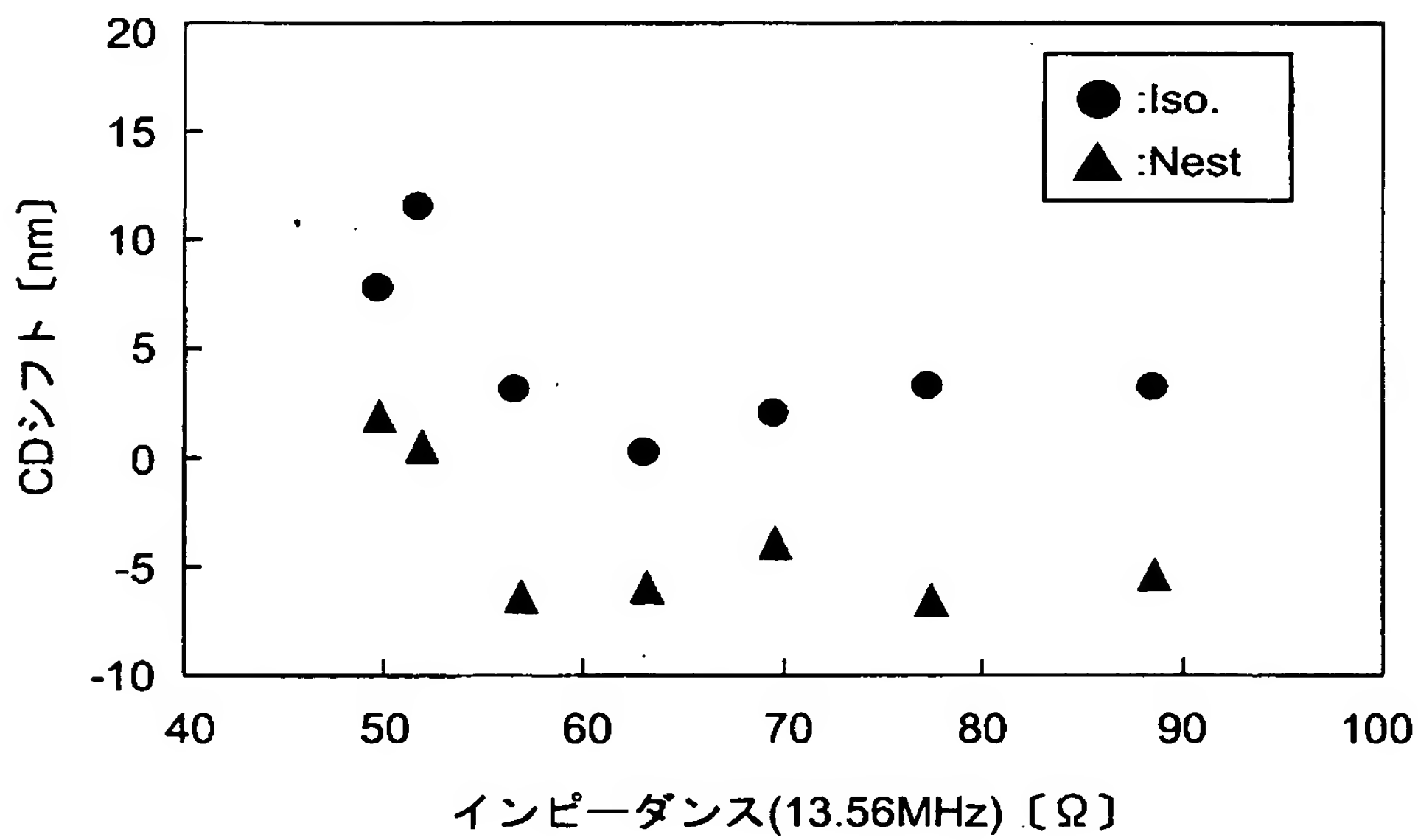


<第5実施例>

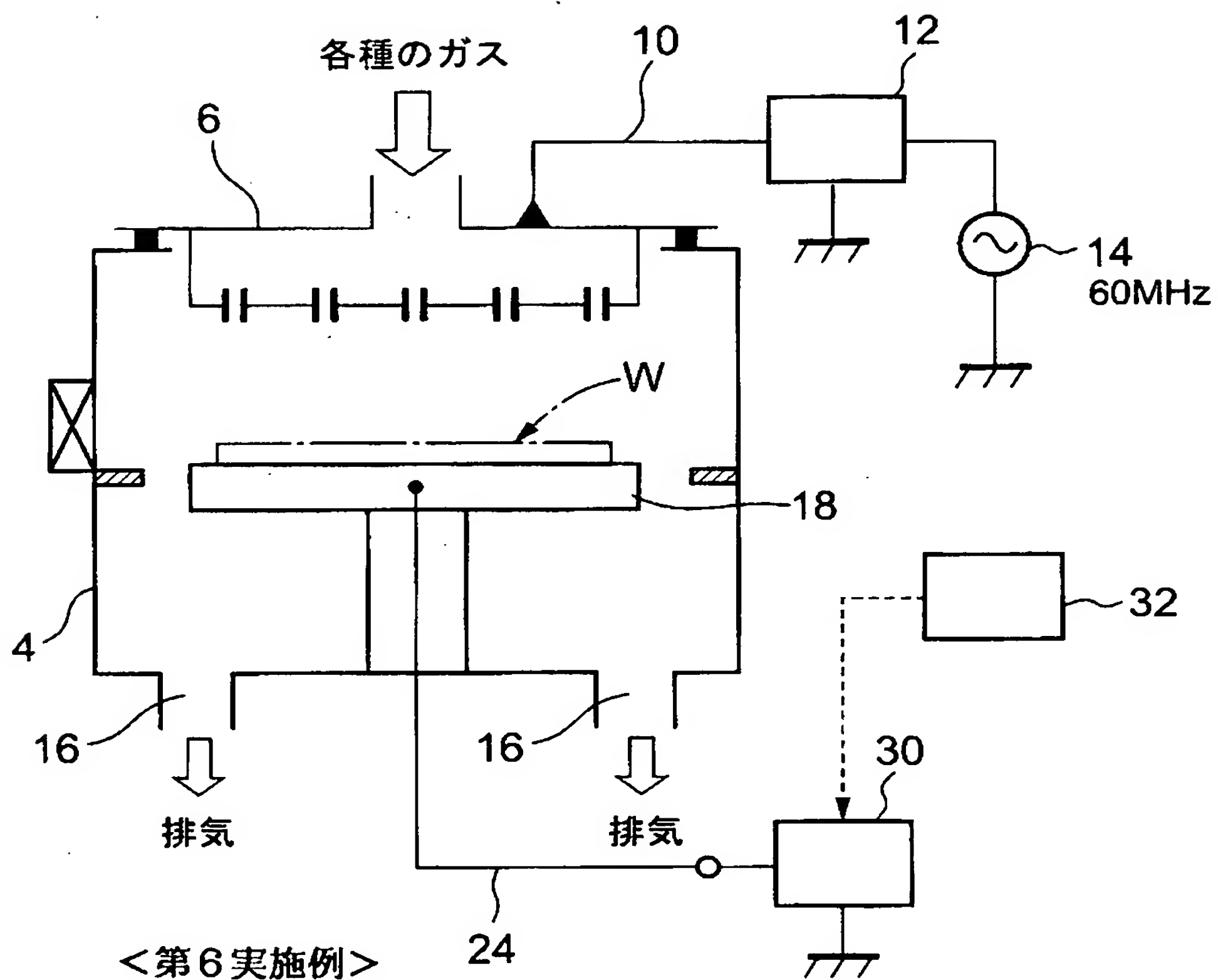
【図 15】



【図 16】

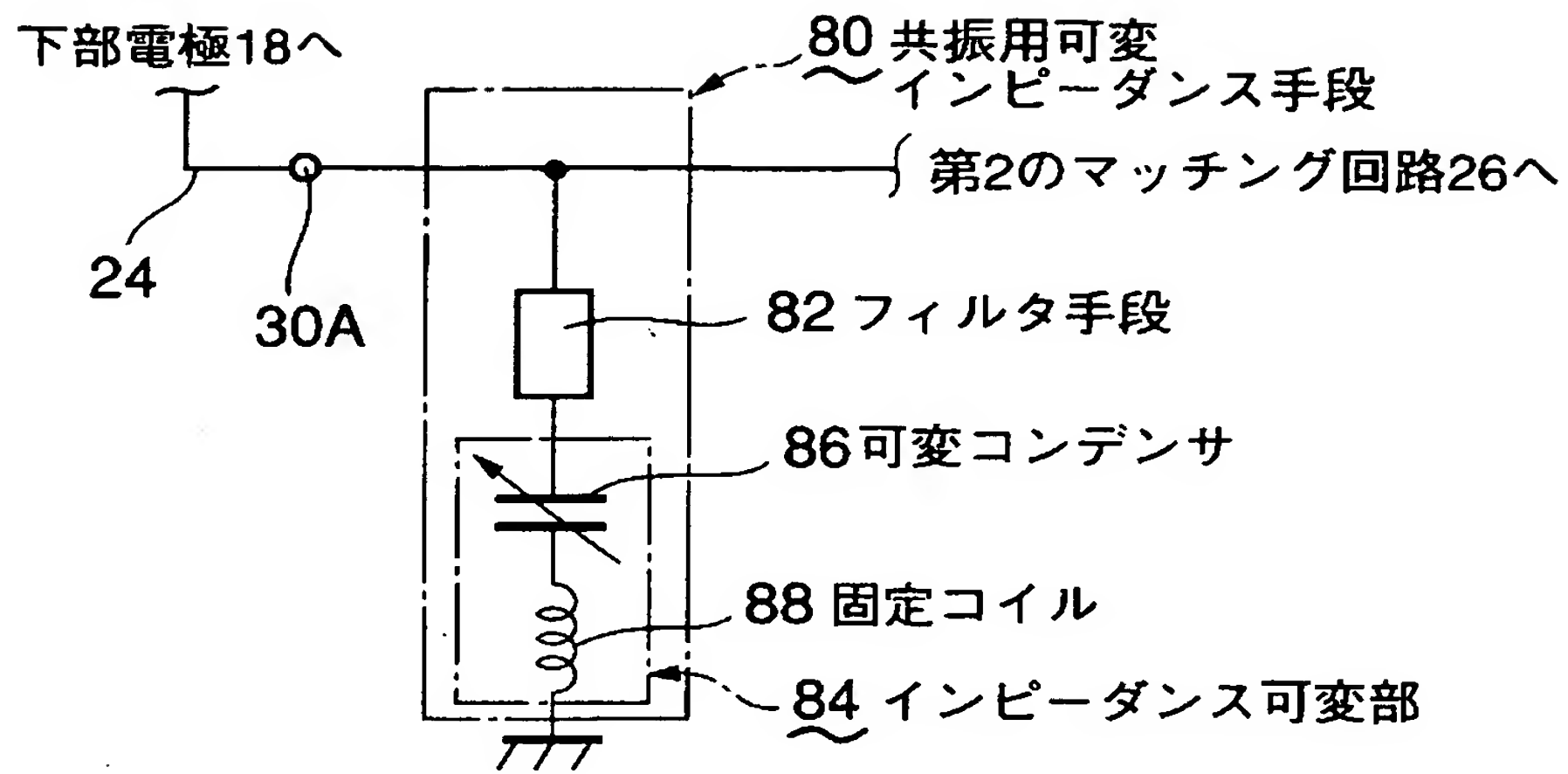


【図 17】

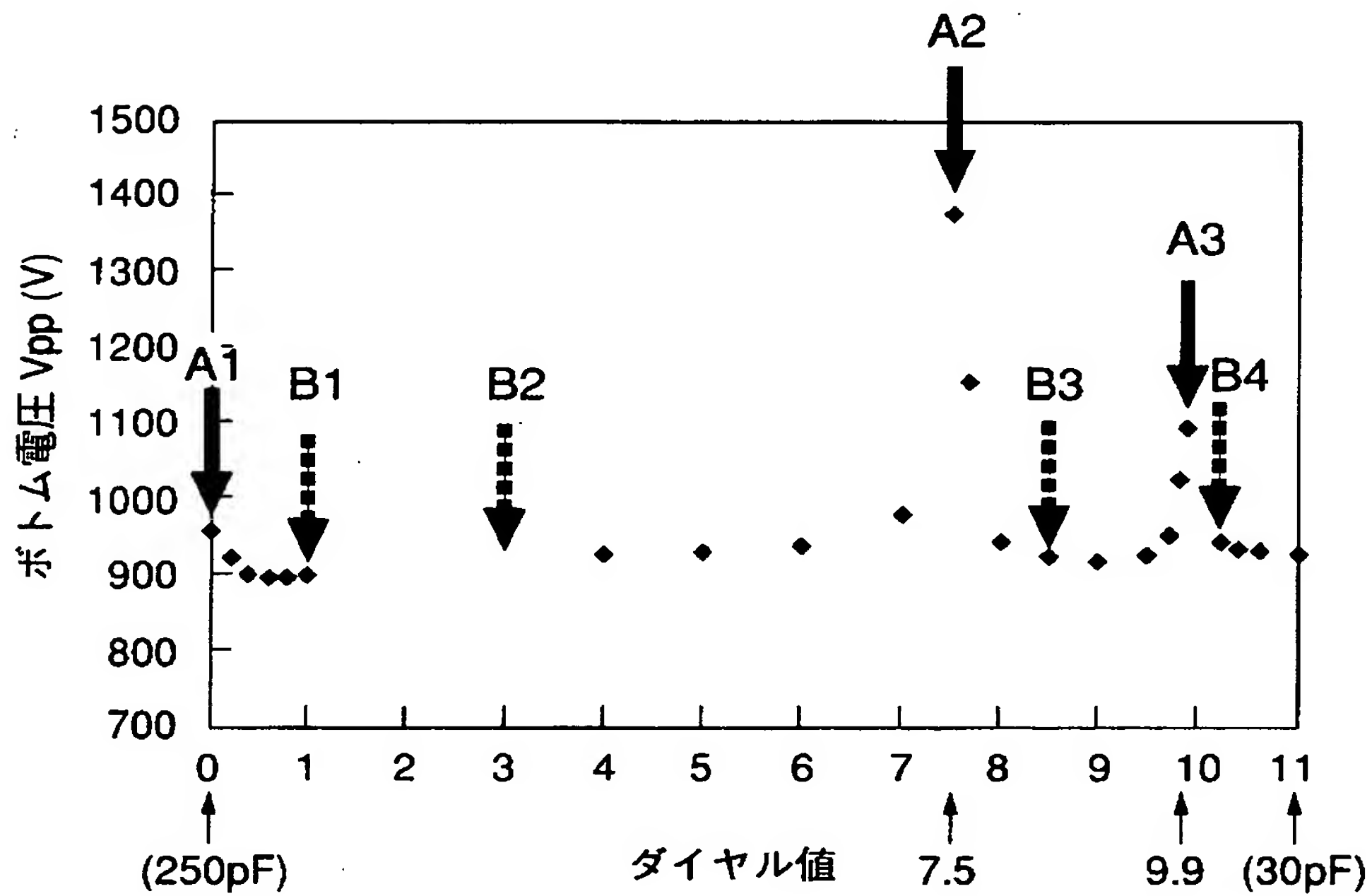




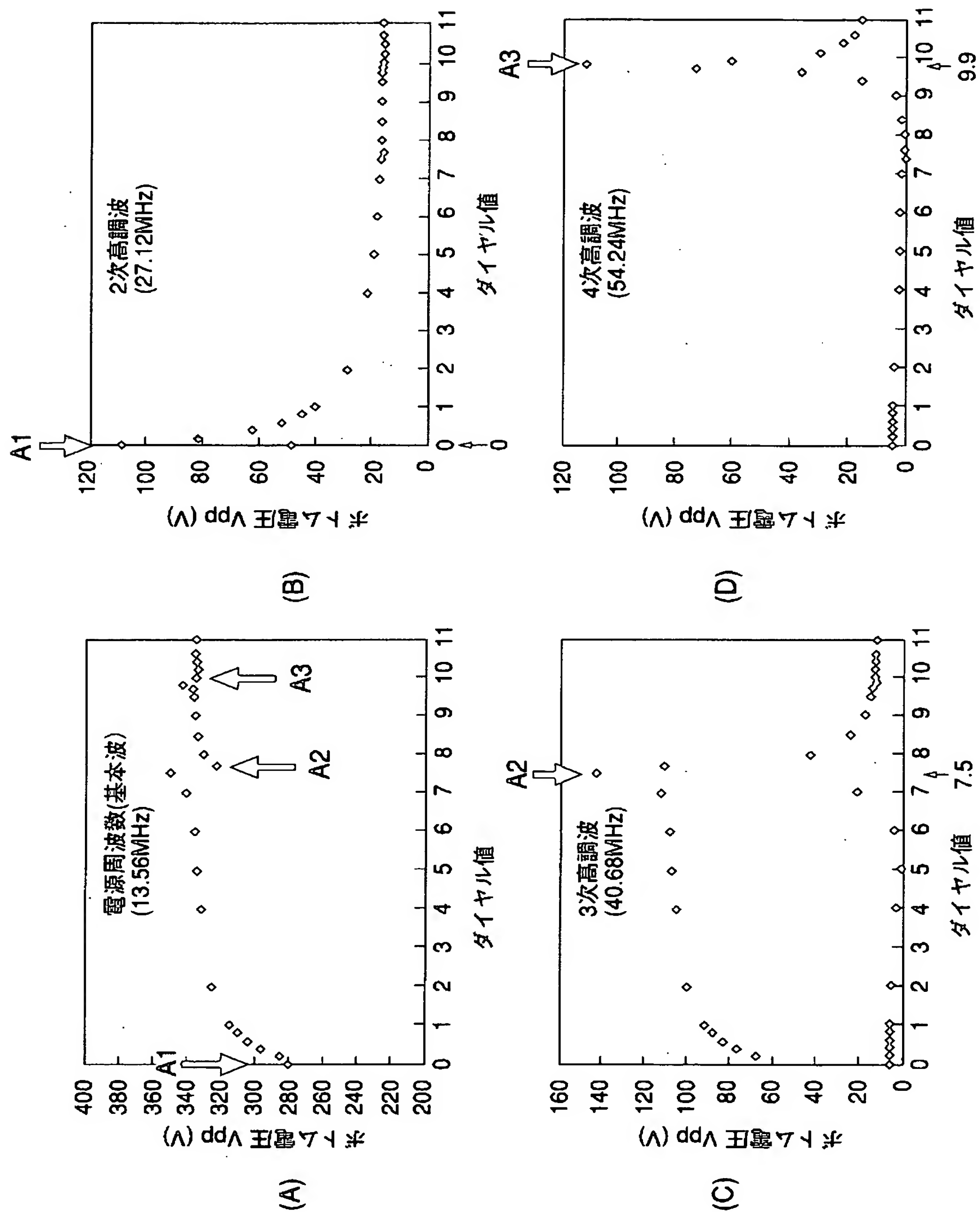
【図 19】



【図 20】

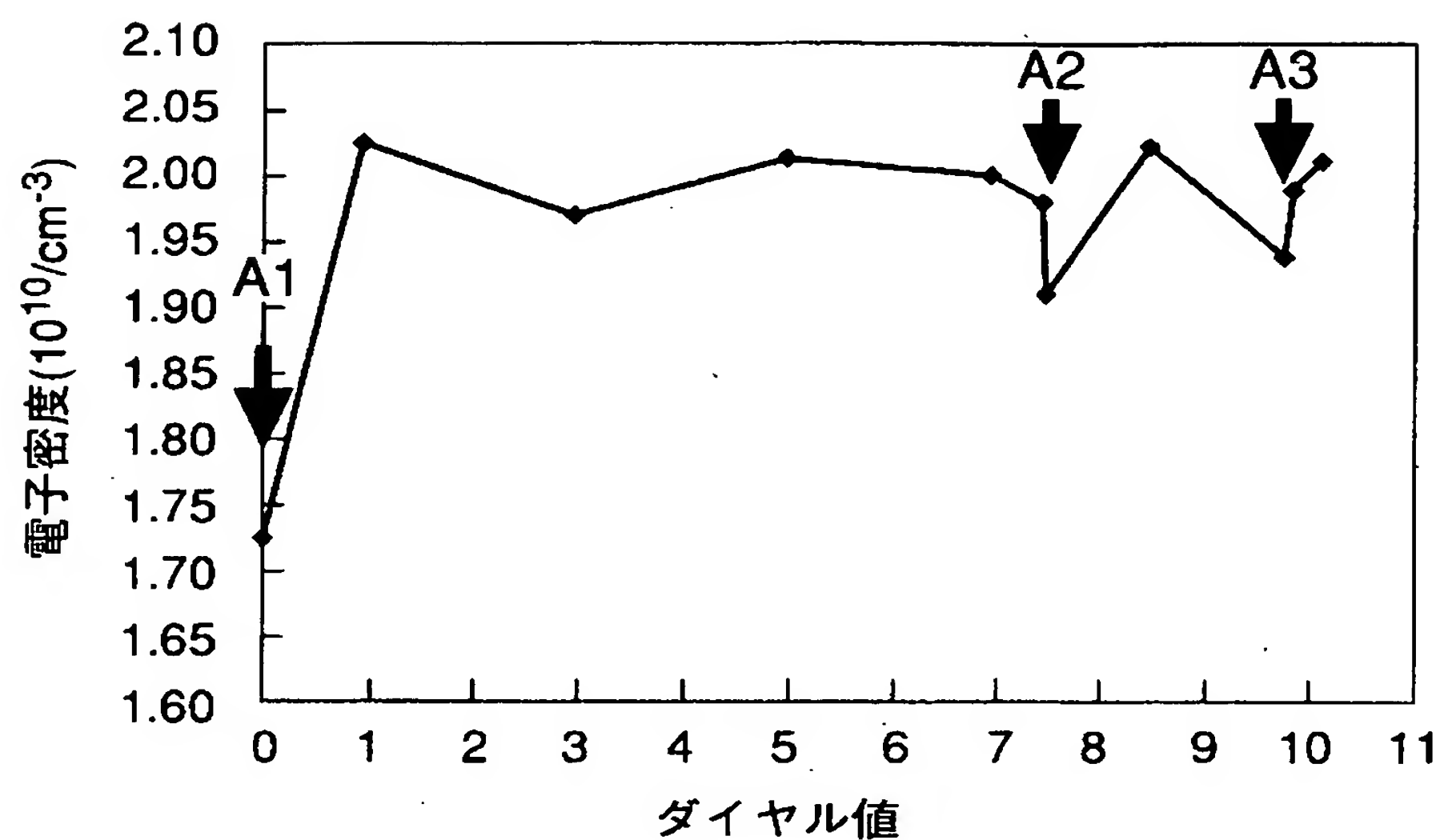


【図 21】

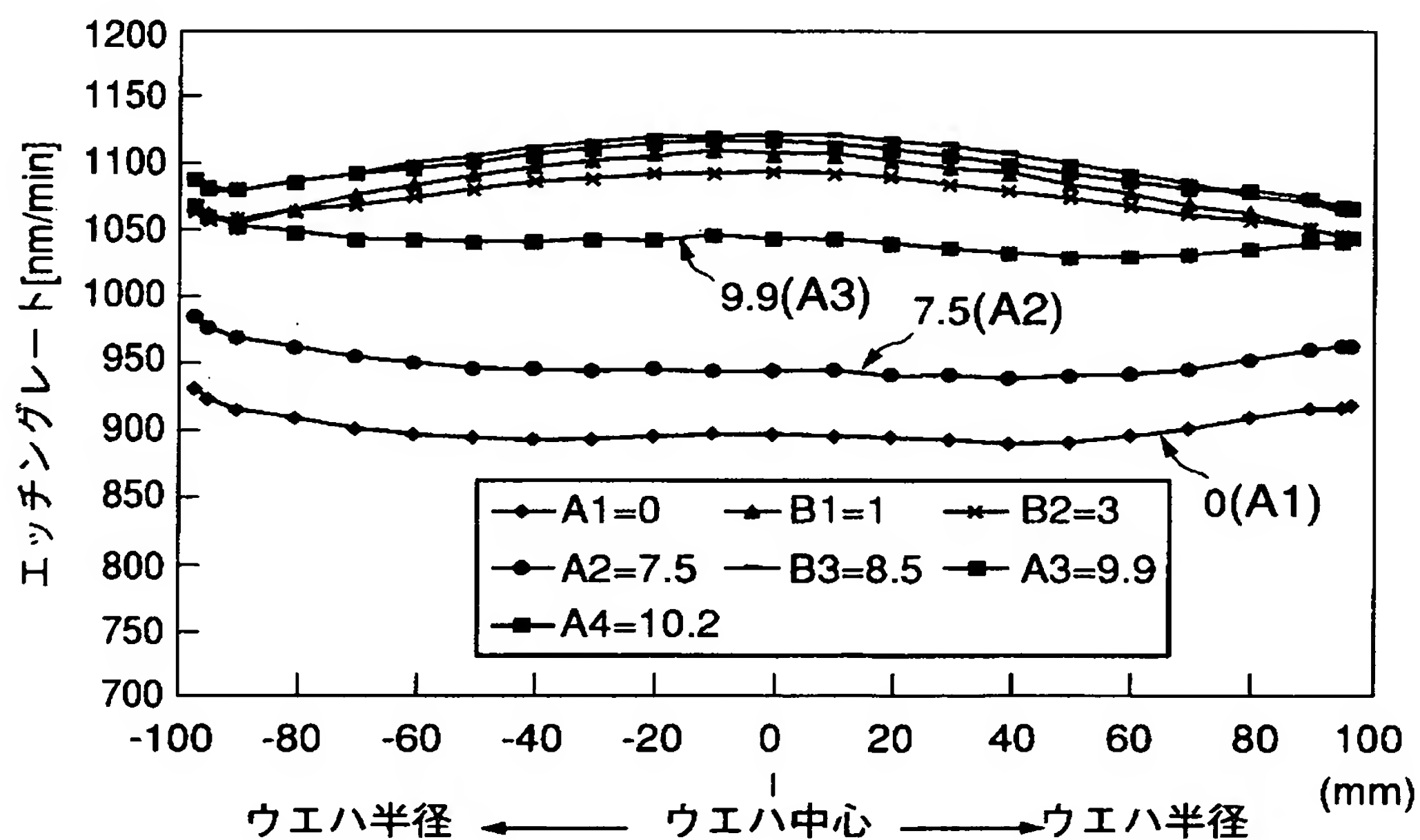




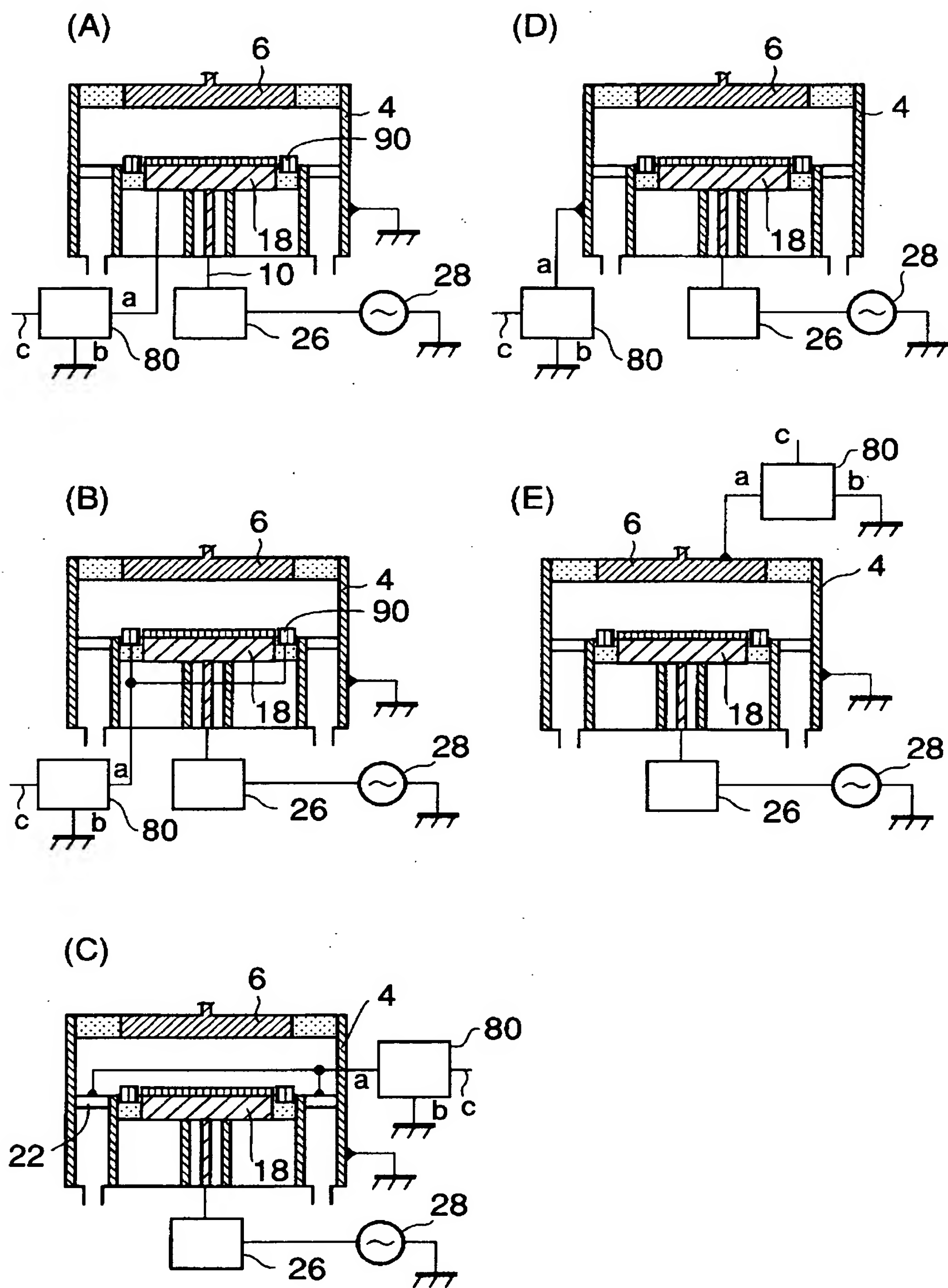
【図 2 2】



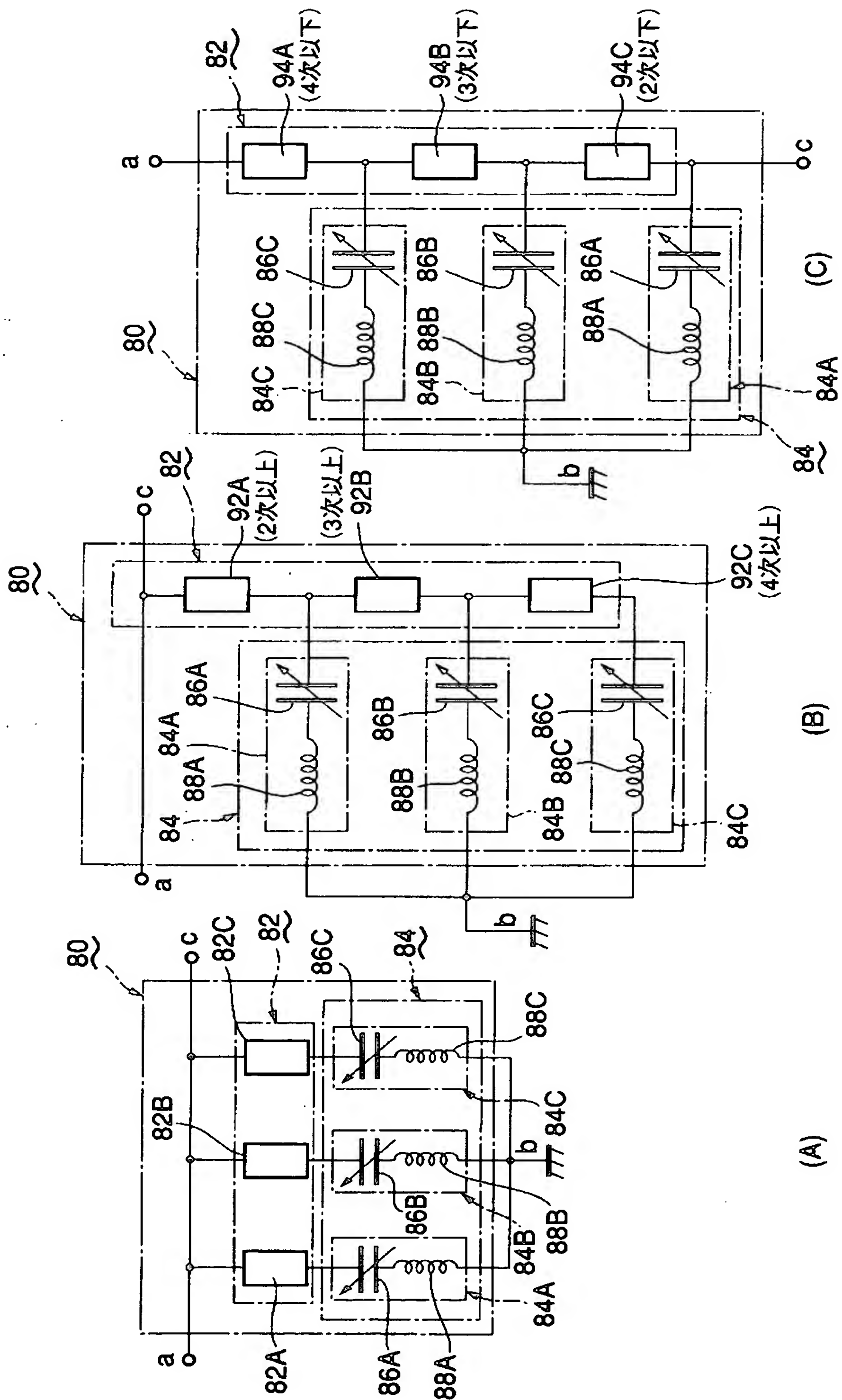
【図 2 3】



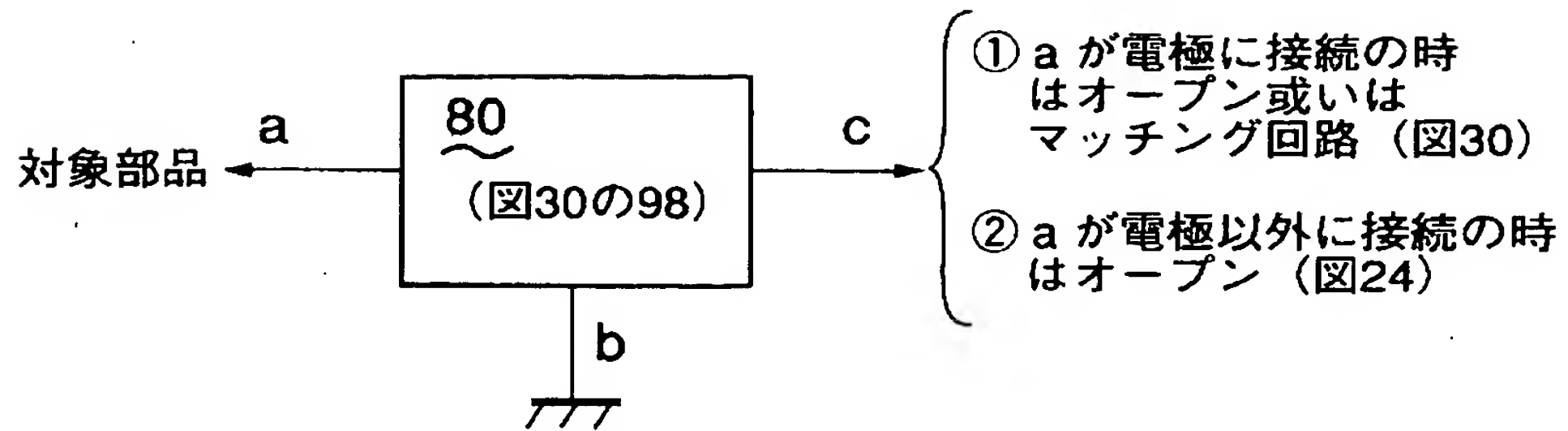
【図 24】



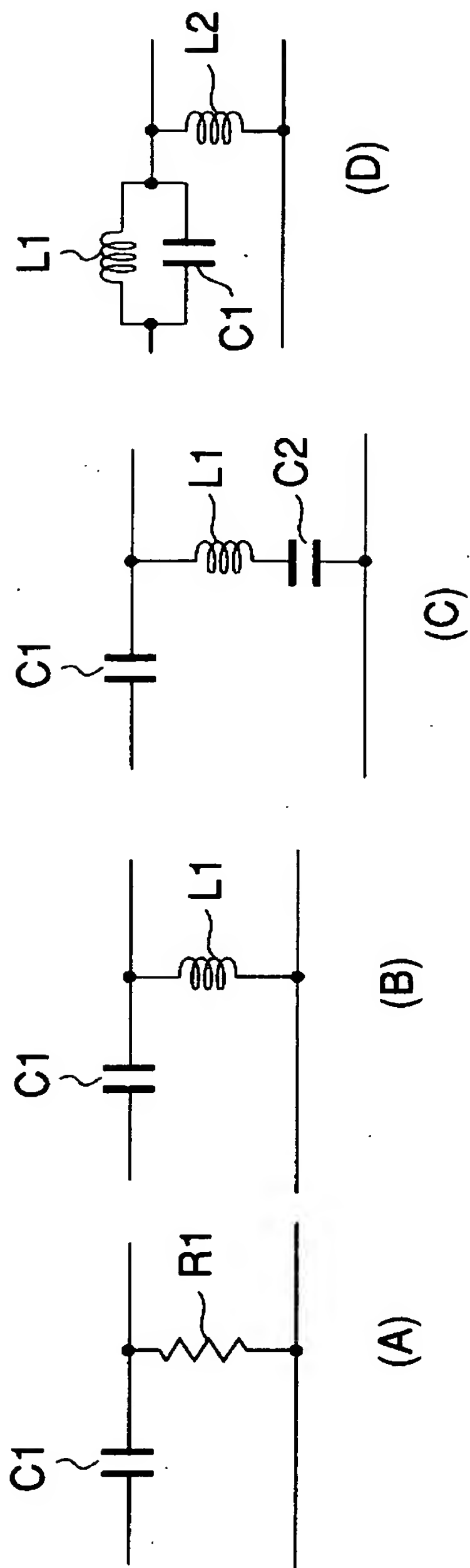
【図 25】



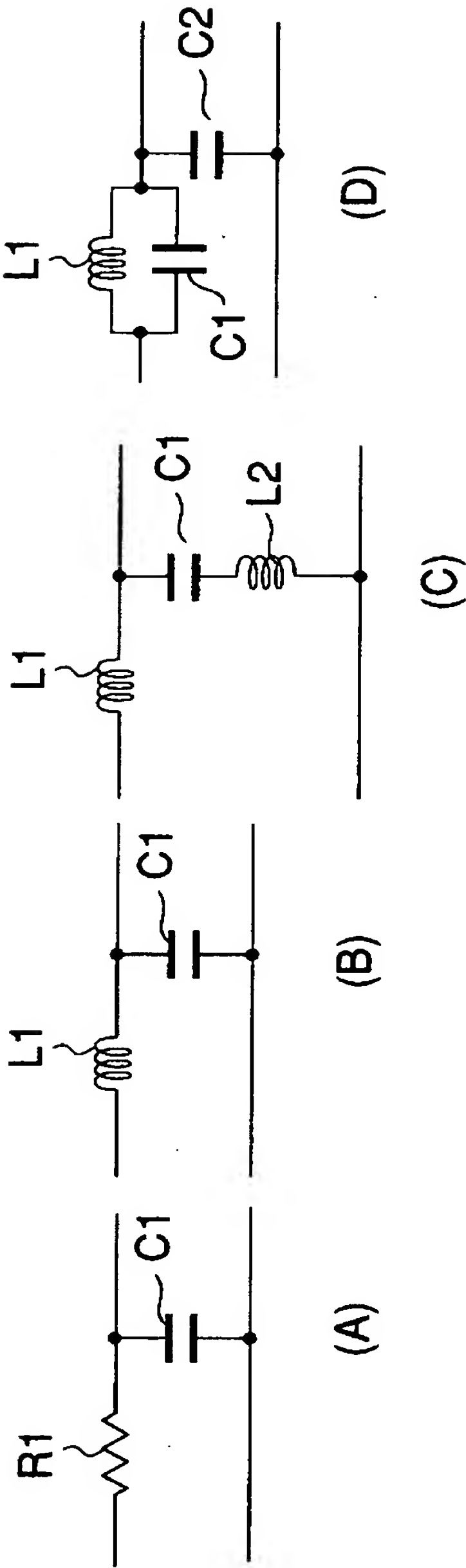
【図 2 6】



【図 2 7】

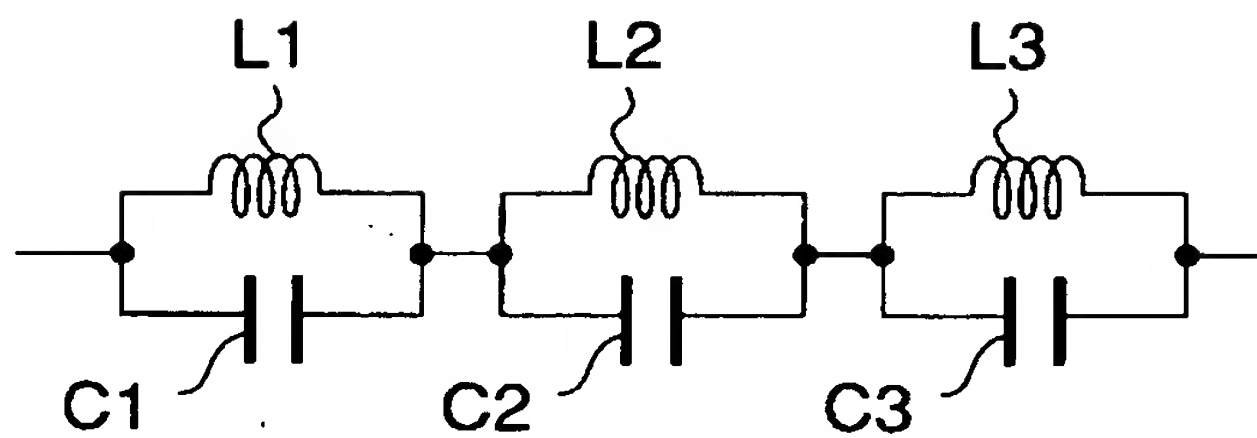


【図 2 8】

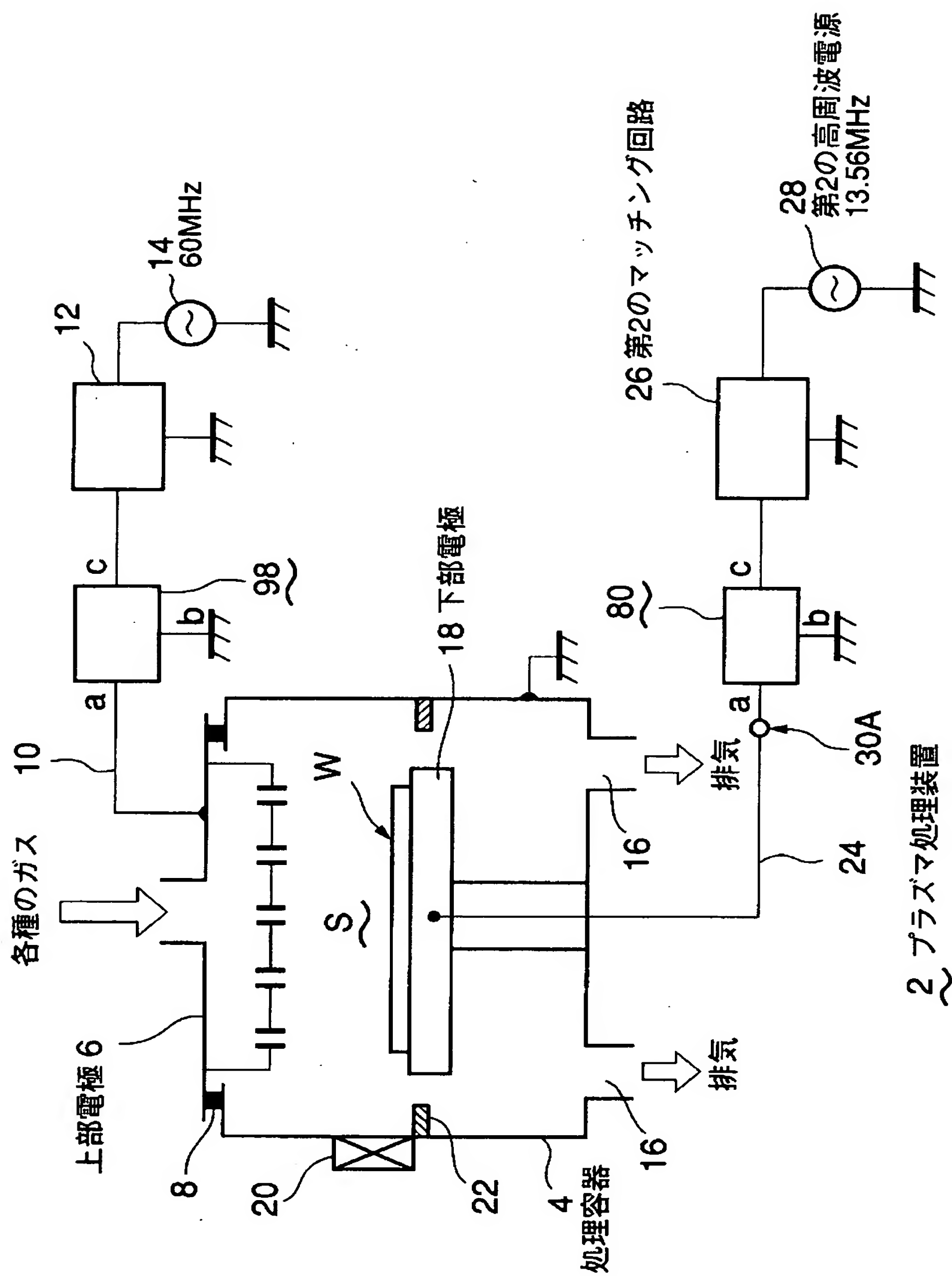




【図 2 9】



【図 30】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 簡単な構造でプラズマ処理の面内均一性を高く維持できるようにプラズマの状態を最適に調整することが可能なプラズマ処理装置を提供する。

**【解決手段】** 真空引き可能になされた処理容器 4 内に上部電極 6 と載置台を兼ねる下部電極 1 8 とを配置し、前記上部電極と前記下部電極の内の少なくともいずれか一方にマッチング回路 1 2 を介して接続された高周波電源 1 4 より高周波電圧を印加してプラズマを立て、前記下部電極上に載置した被処理体 W に対して所定のプラズマ処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記電極のいずれか一方の高周波ラインに介在されて、該高周波ラインが接続された電極とは対向する電極側から見たインピーダンスを変化させることが可能な可変インピーダンス手段 3 0 と、前記可変インピーダンス手段のインピーダンスを制御するためのインピーダンス制御部 3 2 と、を備える。

**【選択図】 図 2**

## 認定・付加情報

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 3 - 0 6 0 6 7 0 |
| 受付番号    | 5 0 3 0 0 3 6 9 4 5 1    |
| 書類名     | 特許願                      |
| 担当官     | 第五担当上席 0 0 9 4           |
| 作成日     | 平成 1 5 年 3 月 1 1 日       |

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

|          |                                     |
|----------|-------------------------------------|
| 【提出日】    | 平成15年 3月 6日                         |
| 【特許出願人】  |                                     |
| 【識別番号】   | 000219967                           |
| 【住所又は居所】 | 東京都港区赤坂5丁目3番6号                      |
| 【氏名又は名称】 | 東京エレクトロン株式会社                        |
| 【代理人】    | 申請人                                 |
| 【識別番号】   | 100090125                           |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県横浜市中区長者町5-75-1-112<br>0 浅井特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 浅井 章弘                               |

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 6 0 6 7 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日            1 9 9 4 年    9 月    5 日  
    [変更理由]            住所変更  
                  住 所    東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号  
                  氏 名    東京エレクトロン株式会社
  
2. 変更年月日            2 0 0 3 年    4 月    2 日  
    [変更理由]            住所変更  
                  住 所    東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号  
                  氏 名    東京エレクトロン株式会社